Faculté de Médecine de l'Université de Paris

Année 1913 — N° 7

# THÈSE

POUR

# LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

**A. MAGNAN**

DOCTEUR ÈS SCIENCES
DIRECTEUR DU LABORATOIRE DE MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE A L'ÉCOLE DES HAUTES-ÉTUDES
ANCIEN EXTERNE DES HÔPITAUX DE PARIS
RÉPÉTITEUR D'OBSTÉTRIQUE DE LA FACULTÉ A LA CLINIQUE BAUDELOCQUE
MONITEUR DE MANŒUVRES OBSTÉTRICALES A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

# VARIATIONS EXPÉRIMENTALES
## EN FONCTION DU RÉGIME ALIMENTAIRE

*Président :* M. le Professeur DESGREZ

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain, 120

1913

# UNIVERSITÉ DE PARIS — FACULTÉ DE MÉDECINE

| | |
|---|---|
| **Doyen** | M. LANDOUZY. |
| **Professeurs** | MM. |
| Anatomie | NICOLAS. |
| Physiologie | Ch. RICHET. |
| Physique médicale | WEISS. |
| Chimie organique et chimie générale | DESGREZ. |
| Parasitologie et histoire naturelle médicale | BLANCHARD. |
| Pathologie et thérapeutique générales | ACHARD. |
| Pathologie médicale | WIDAL. TEISSIER. |
| Pathologie chirurgicale | LEJARS. |
| Anatomie pathologique | Pierre MARIE. |
| Histologie | PRENANT. |
| Opérations et appareils | N. |
| Pharmacologie et matière médicale | POUCHET. |
| Thérapeutique | MARFAN. |
| Hygiène | CHANTEMESSE. |
| Médecine légale | THOINOT. |
| Histoire de la médecine et de la chirurgie | LETULLE. |
| Pathologie expérimentale et comparée | ROGER. |
| Clinique médicale | DEBOVE. LANDOUZY. GILBERT. CHAUFFARD. |
| Maladies des enfants | HUTINEL. |
| Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale | Gilbert BALLET. |
| Clinique des maladies cutanées et syphilitiques | GAUCHER. |
| Clinique des maladies du système nerveux | DEJERINE. |
| Clinique chirurgicale | Pierre DELBET. QUENU. RECLUS. HARTMANN. |
| Clinique ophtalmologique | DE LAPERSONNE. |
| Clinique des maladies des voies urinaires | LEGUEU. |
| Clinique d'accouchements | BAR. PINARD. RIBEMONT-DESSAIGNE. |
| Clinique gynécologique | POZZI. |
| Clinique chirurgicale infantile | KIRMISSON. |
| Clinique thérapeutique | Albert ROBIN. |

**Agrégés en exercice**

| MM. | MM. | MM. | MM. |
|---|---|---|---|
| BALTHAZARD | DUVAL (Pierre) | LENORMANT | PROUST |
| BERNARD | GOUGEROT | LEQUEUX | RATHERY |
| BRANCA | GREGOIRE | LÉRI | RETTERER |
| BRINDEAU | GUENIOT | LOEPER | RICHAUD |
| BROCA (André) | GUILLAIN | MACAIGNE | ROUSSY |
| BRUMPT | JEANNIN | MAILLARD | ROUVIERE |
| CAMUS | JOUSSET (André) | MORESTIN | SCHWARTZ (A.) |
| CARNOT | LABBÉ (Marcel) | MULON | SICARD |
| CASTAIGNE | LANGLOIS | NICLOUX | TERRIEN (F.) |
| CHEVASSU | LAIGNEL-LAVASTINE | NOBECOURT | TIFFENEAU |
| CLAUDE | LECÈNE | OKINCZYC | ZIMMERN |
| COUVELAIRE | | OMBREDANNE | |

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE
ET DE MON GRAND-PÈRE

---

A MA MÈRE
A MA FEMME
A MON PETIT CLAUDE ET A MA PETITE PAULETTE

---

A MON FRÈRE ALBERT
A MON BEAU-FRÈRE, LE Dr PAUL BRUNET

En Souvenir.

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/variationsexperi0030amag

*A MON PRÉSIDENT DE THÈSE*

M. LE PROFESSEUR DESGREZ

PROFESSEUR DE CHIMIE
A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

En témoignage de ma très profonde reconnaissance.

---

A M. LE PROFESSEUR A. PINARD

PROFESSEUR DE CLINIQUE OBSTÉTRICALE ET GYNÉCOLOGIQUE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

En remerciement pour sa très grande bienveillance.

---

A M. EDMOND PERRIER

DIRECTEUR DU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

En témoignage de ma très grande gratitude.

---

A M. LE PROFESSEUR HOUSSAY

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS ET A L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE

Avec tous mes remerciements
pour les nombreux services qu'il m'a rendus.

A MM. LES PROFESSEURS HAYEM ET SEGOND

A MM. LES PROFESSEURS AGRÉGÉS

RETTERER, GOUGET, MULON

Avec ma gratitude

---

A M. DESTOUCHES

SÉCRÉTAIRE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Avec l'expression de mes sentiments respectueusement dévoués et ma reconnaissance.

---

A M. LE Dr DESMARETS, PROFESSEUR AGRÉGÉ, CHIRURGIEN DES HÔPITAUX.

A M. LE Dr TOUPET, PROSECTEUR DES HÔPITAUX.

A M. LE Dr ROSENTHAL, ANCIEN CHEF DE CLINIQUE A LA FACULTÉ.

A M. LE Dr MATHIEU, CHIRURGIEN DES HÔPITAUX.

A M. LE Dr SAUVÉ, CHEF DE CLINIQUE A LA FACULTÉ.

A M. LE Dr LÉVY, CHEF DE CLINIQUE A LA FACULTÉ.

Avec mes remerciements et l'expression de mon très sincère attachement.

---

*A mes amis dévoués et affectionnés*

MM. LES Drs BOUHEY, PERRILLIAT-BOTONET ET CH. SELLET.

# VARIATIONS EXPÉRIMENTALES
EN
# FONCTION DU RÉGIME ALIMENTAIRE

Par A. MAGNAN

---

Il y a un siècle, le grand naturaliste LAMARCK pensait que les animaux subissent des modifications sous l'influence des causes naturelles. Selon lui, c'est l'usage qu'ils ont fait de leurs organes qui a modelé leurs diverses formes.

Depuis, quelques biologistes, non sans avoir des contradicteurs nombreux, ont tenté de démontrer que tout le milieu ambiant exerce une action sur les êtres vivants et, depuis l'origine, les façonne suivant des lois, la plupart encore inconnues. Ce sont ces modifications qui sont la cause des variations qui sont, les unes durables, les autres passagères.

Mais les facteurs susceptibles d'agir sur les animaux sont nombreux et leur importance est diverse. Un des plus réels est le régime alimentaire.

Il ne faut pas oublier, en effet, que c'est l'adaptation aux régimes qui a donné naissance aux diverses conditions de l'existence. Pour les Mammifères, les uns sont devenus arboricoles, afin de pouvoir rechercher les fruits, les œufs ou les insectes, qui devaient former le fond de leur nourriture.

D'autres, herbivores, sont devenus coureurs, pour se défendre contre les attaques des carnivores.

D'autres enfin, piscivores, se sont adaptés à la vie aquatique et ont subi, de ce fait, l'action d'un nouveau facteur, l'*eau*, qui a modelé leur corps à l'image de celui des Poissons.

De plus, le régime alimentaire est une des causes prépondérantes des variations de l'individu, par suite des modifications d'ordre physico-chimique qu'il apporte. En effet, qu'est-ce qu'un aliment? un complexe de corps bien définis, albumi-

noïdes, sucres, graisses... Il est logique de penser qu'un changement de régime, faisant prédominer tel ou tel corps chimique, aura un retentissement considérable sur l'organisme.

Or, si nos recherches antérieures semblent avoir démontré que le régime alimentaire est le grand facteur de la variation organique, des expériences précises étaient indispensables pour établir le fait. Après avoir procédé à des investigations massives, pour fixer sommairement les rapports essentiels, il fallait imaginer l'expérience, pour mettre en lumière les rapports entre l'action de l'aliment et la réaction organique. Nous avons préalablement pesé, mensuré, pour dégrossir le sujet; il fallait ensuite, par des recherches méthodiques, prouver le mécanisme suivant lequel agissent les régimes.

Nous pensons y avoir réussi ; mais, avant d'exposer le résultat de nos expériences, nous voulons donner un aperçu aussi exact que complet de la question des régimes alimentaires et de leur influence sur les organes des êtres vivants. De nombreux auteurs, avant nous, avaient essayé de percer le mystère des variations organiques, avaient tenté de les reproduire dans le laboratoire. Il n'est que juste de rendre hommage à leurs efforts.

## RECHERCHES SUR L'INTESTIN

En 1770, Buffon [9] constatait que les Oiseaux qui se nourrissent de chair ont l'intestin court et de petits cæcums. Par contre, les Oiseaux granivores présentent un intestin plus étendu. Il attribue ces différences à l'action du régime.

Home [25] de son côté voit un rapport étroit entre la facilité qu'a l'animal à trouver sa nourriture et la longueur de son intestin. Si les aliments sont abondants, l'intestin reste court ; au cas contraire, il s'allonge afin de permettre aux sucs digestifs de mieux agir.

Cuvier [13.14], Tiedemann [90], Meckel [72] montrent comme Buffon que les Oiseaux carnivores ont l'intestin le plus court, tandis que les Oiseaux qui se nourrissent de plantes possèdent le plus long ; entre les deux se placent les insectivores, ce qui est inexact.

Chez les Oiseaux, avance Custor [12] le gros intestin est nettement plus petit chez les Oiseaux à régime végétarien que chez les carnivores, où il dépasse l'intestin grêle en développement. Nous avons déjà signalé qu'avec un petit nombre d'Oiseaux bien choisis, on peut démontrer tout ce qu'on veut.

Gadow [17.18] classe les Oiseaux, en prenant pour base l'étude de l'intestin, de la façon suivante :

1) *Insectivores purs et Frugivores.* Intestin très court, assez large : cæcums manquant.

2) *Granivores et Insectivores.* Intestin court ; cæcums rudimentaires.

3) *Carnivores.* Intestin de longueur et de largeur moyenne, alors sans cæcums, ou court, peu large, avec de longs cæcums.

4) *Piscivores et mangeurs de charognes.* Intestin long et étroit ou court et large sans cæcums.

5) *Granivores purs.* Intestin long et étroit sans cæcums.

6) *Végétariens purs.* Intestin long et large ; grands cæcums.

Ces indications sont, dans le détail, la plupart du temps inexactes.

A d'autres résultats parvient Custor [12] en étudiant la surface de l'intestin qu'il calcule par la mensuration de l'intestin ouvert et étalé, tandis que Brants [8] l'obtient en remplissant d'huile l'intestin et en déduisant la surface du poids d'huile employé.

| | Poids du corps. | Surface intestinale. | Rapport de la surface intestinale au poids du corps. |
|---|---|---|---|
| | gr. | cq. | |
| 1. *Columba domestica* | 132 | 136 | 2,23 |
| 2. *Anas boschas* | 303 | 677,7 | 1,95 |
| 3. *Anser domesticus* | 4.061 | 2.520 | 1,61 |
| 4. *Larus ridibundus* | 254 | 175 | 1.45 |
| 5. *Psittacus erythacus* | 244 | 193 | 1,26 |
| 6. *Corvus corone* | 461 | 442 | 1,04 |
| 7. *Gallus domesticus* | 560 | 564,4 | 0,99 |
| 8. *Turdus merula* | 108,3 | 118,9 | 0,91 |
| 9. *Falco tinnunculus* | 446 | 471,6 | 0,94 |
| 10. *Strix aluco* | 465 | 491,0 | 0,94 |
| 11. *Gallinago scolopacinus* | 113 | 127,7 | 0,88 |

Les résultats de Custor que nous donnons dans le tableau ci-dessus ne sont pas très démonstratifs, car la surface de

l'intestin est comparée au poids du corps et naturellement ici encore les artifices mathématiques jouent leur rôle.

Brants [8] voit un rapport entre l'intestin et la puissance du vol des Oiseaux. Chez ceux qui volent vite les différences dans la longueur de l'intestin sont minimes. Quand la puissance diminue, il y a des variations qui vont de 1 à 8 fois la longueur du corps.

La grande critique à apporter à ces travaux est le peu de précision de leurs données. Les différences qui peuvent exister entre les résultats viennent la plupart du temps de ce que l'observation semble n'avoir porté que sur un seul individu dans chaque régime.

La longueur de l'intestin a de tout temps intéressé les zoologistes. Comme la longueur absolue ne présente pas d'intérêt en soi, par suite des différences de taille que l'on constate chez les animaux, on a généralement rapporté cette longueur, dans son étude chez les Mammifères, à celle du corps prise de l'extrémité du museau à l'anus. Cette méthode est souvent encore appliquée, mais elle peut prêter à la critique si l'on étudie la longueur de l'intestin chez une Girafe ou un Hippopotame, par exemple. Les différences de longueur que l'on constate pour le cou viennent certainement fausser les résultats. Il est préférable d'opérer comme je l'ai fait pour les Oiseaux, c'est-à-dire de prendre comme longueur du corps celle fournie par la formule $l = K\sqrt[3]{P}$, P étant exprimé en grammes. On peut aussi se servir de la longueur de l'animal de la première vertèbre dorsale à la naissance de la queue, ce qui peut aussi prêter à la critique, certains Mammifères étant allongés, comme la Belette, d'autres ramassés, comme le Hérisson. C'est ce qu'ont fait Cuvier, Sappey, pour l'homme particulièrement. Ils comparaient la longueur de l'intestin à une dimension donnée, par exemple celle allant du vertex au coccyx.

Crampe [11] prétendait qu'il était primordial d'opérer sur un nombre très étendu d'animaux par espèce, parce qu'en mesurant quarante-six *Leuciscus rutilus*, la moyenne de la longueur relative d'intestin ne lui avait été donnée que par 13 p. 100 des individus seulement. Revilliod [80] est de cet avis et reproche à Cuvier de ne pas dire s'il étudie un individu par espèce ou plu-

sieurs dans chaque espèce. Crampe a évidemment raison quand il avance qu'il faut de nombreux individus pour avoir la moyenne de l'espèce *Leuciscus*. Mais il est facile de se rendre compte, par contre, que si l'on compare un insectivore, comme je l'ai fait pour les Oiseaux, à un omnicarnivore, la différence trouvée pour la longueur relative d'intestin restera la même que si l'on opère sur 100 individus de chaque espèce. On peut constater par mes chiffres que l'intestin relatif varie chez les insectivores de 4,03 à 9,15 et chez les omnicarnivores, de 22,09 à 10,89. La plus grande longueur relative des insectivores est donc inférieure à la plus petite longueur d'intestin des omnicarnivores. Si l'on compare, comme je l'ai fait, vingt Hirondelles et vingt Lagopèdes, la différence obtenue dans la longueur d'intestin est sensiblement la même qu'entre n'importe quel insectivore et granivore, à moins que l'on ne s'adresse aux individus qui font passage à l'un ou l'autre de ces régimes. Aussi, si Cuvier, qui n'a étudié qu'un Chat sauvage, en avait disséqué de nombreux individus, il aurait trouvé les mêmes différences que celle qu'il indique entre cet animal et les Chats domestiques.

L'intestin a été mesuré par les divers auteurs, tantôt détaché du mésentère et étalé hors de la cavité abdominale, tantôt, comme Taneretzky [89], en place dans la cavité abdominale, au moyen d'une ficelle appliquée sur la paroi de l'intestin du côté opposé au mésentère. Ce rigorisme n'a d'intérêt que si les intestins sont sensiblement de même longueur. L'inhabileté de l'expérimentateur, quand les différences dans la longueur d'intestin sont de l'ordre de celles que l'on constate entre granivores et insectivores, n'est plus alors que de faible importance.

Quelques auteurs, opérant sur des animaux de taille identique, ont utilisé la longueur absolue de l'intestin. Ce procédé est valable. Je ne reparlerai pas de la méthode de Noé [75] qui comparait la longueur de l'intestin au poids du corps. Comme il reste au dénominateur une longueur de l'animal, les rapports n'étant pas homogènes, on conçoit, qu'en comparant un Cheval à une Souris, on trouve des rapports invraisemblables.

Nous avons effectué des recherches personnelles très nombreuses sur l'intestin des Oiseaux, après avoir déterminé avec

soin leur contenu intestinal, afin de connaître exactement le régime.

Afin de pas tomber dans l'erreur qui consiste à établir des rapports entre des grandeurs d'ordre différent, j'ai comparé :

1° La longueur de l'intestin à la surface du corps obtenue par la formule $l = \sqrt[3]{P}$ étant exprimé en grammes et représentant le poids du corps.

2° La surface de l'intestin à la surface du corps calculée par la formule $S = 7{,}35\sqrt{P^2}$. (On peut employer aussi $S = \sqrt[3]{P^2}$).

Dans ces conditions la question de la taille se trouve éliminée.

J'ai étudié 425 oiseaux répartis en 160 espèces [32.36.41] le régime les groupe de la façon suivante :

| | Poids total moyen. gr. | Rapport de la longueur de l'intestin à la longueur du corps. | Rapport de la surface de l'intestin à la surface du corps. |
|---|---|---|---|
| Insectivores indigènes..... | 32,50 | 6,22 | 2,00 |
| Carnivores et insectivores... | 374,60 | 7,95 | 1,50 |
| Omnivores (Corvidés)..... | 214,70 | 9,93 | 2,90 |
| Testacivores..... | 204,70 | 10,05 | 2,20 |
| Granivores et insectivores... | 39,60 | 10,66 | 3,50 |
| Carnivores..... | 1.382,40 | 10,70 | 1,50 |
| Frugivores..... | 152,30 | 11,50 | 3,30 |
| Piscivores..... | 896,60 | 11,80 | 2,50 |
| Granivores..... | 506 | 12,40 | 3,20 |
| Omnicarnivores (grands Échassiers)..... | 1.702,30 | 15,80 | 1,60 |
| Omnivores (Palmipèdes)..... | 566 | 16,70 | 3 |
| Herbivores (Cygne, Oie)..... | 6.989 | 17 | 3,60 |

En examinant les chiffres de la première colonne, on constate que les Oiseaux possédant une alimentation animale ont la plus petite longueur d'intestin et que les végétariens ou herbivores présentent le plus grand développement intestinal.

Mais deux remarques s'imposent :

1° Les Oiseaux comme les grands Échassiers qui sont omnicarnivores échappent à la règle ; ils ont beaucoup d'intestin.

2° Les granivores et les carnivores sont assez voisins ; la différence que présente la longueur de leur intestin est assez minime.

Ce paradoxe n'est qu'apparent : si l'on confronte les rapports de la surface de l'intestin à la surface du corps, on voit les

grands Échassiers reprendre leur place parmi les carnivores, alors que les granivores s'en écartent, puisque ces derniers, avec une longueur d'intestin sensiblement égale, ont une surface d'absorption double.

*
* *

Nous allons passer en revue les études, d'ailleurs peu nombreuses, que les auteurs ont effectuées sur les Mammifères.

Cuvier [13.14] voit « une action du canal intestinal sur les substances alimentaires ». Cette action aurait d'autant plus d'effet qu'elle dure davantage et qu'elle s'exerce sur une plus grande surface.

Il remarque que les Mammifères ont le plus d'intestin et voit une décroissance des Mammifères aux Poissons.

Le reproche que l'on peut lui faire est qu'il ne donne jamais le poids de l'animal en expérience.

Il conclut que la longueur de l'intestin varie et qu'elle est cependant en rapport, *toutes choses égales*, avec le genre de nourriture. On la trouve *en général* plus grande dans les animaux qui se nourrissent de substances végétales que dans les Carnassiers. Dans ceux qui sont omnivores, elle tient une sorte de milieu. Il constate que, chez les Marsupiaux aussi, la longueur de l'intestin varie avec le régime. Quand son raisonnement se trouve en défaut, il essaie de tourner la difficulté, parlant de l'estomac qu'il pense suppléer au peu de longueur du canal intestinal ou au manque de cæcum, comme chez les Édentés. Il semble que ses théories soient contredites par le groupe des Cétacés ordinaires, chez lesquels se trouve un canal intestinal passablement long, réuni à un estomac compliqué.

Cuvier a abordé la question de la surface intestinale sans chercher à l'évaluer. Il remarque que lorsque la longueur du canal intestinal s'écarte beaucoup, dans un animal, de celle observée dans les animaux voisins dont le genre de vie est à peu près le même, le diamètre de ce canal augmente ou diminue souvent d'une manière inverse et détruit en partie l'effet produit par une semblable augmentation ou diminution dans la longueur. Ainsi, pour la Taupe, il remarque que le diamètre est relativement petit par rapport à la longueur de l'intestin.

En somme, Cuvier, qui a pressenti la grande influence du régime alimentaire, n'a pas su lui donner tout son développement ni le détailler, parce que les mesures n'étaient en général pas de lui et que ses tableaux sont faits par l'assemblage des résultats épars communiqués isolément par d'autres auteurs parmi lesquels il convient de citer :

Home, qui a étudié le Rhinocéros et le Dugong de la mer des Indes ;

Meckel, dont les recherches ont porté sur les Singes, Magot, Mandrill, Atèles et sur le Naval ;

Duvernoy, qui a disséqué des Singes, Oryctérope, Mangouste de Java, Zorille, Agouti, quelques Marsupiaux et Édentés ;

Daubenton, qui a mesuré quelques Rongeurs, Rat, Loir, Porc-épic ;

Pallas, avec ses recherches sur le Glouton, Zibeline, Spalax, Antilope Saïga ;

Enfin Thienemann, Lobstein, Hunter, Steller, qui ont étudié quelques Phoques, Otaries et Balénoptères.

Milne-Edwards [73] voit aussi l'action du régime alimentaire prépondérante sur l'intestin. Il fait remarquer que cependant, chez certains Vertébrés ayant même régime, le tube digestif varie dans de grandes proportions. Ainsi l'intestin de la Lamproie est plus court que le corps ; celui des Poissons carnassiers présente plusieurs courbures, tandis que celui des reptiles carnassiers est deux ou trois fois plus long que le corps et celui des Mammifères carnassiers trois à cinq fois plus long. Cela prouve, à notre avis, que l'on ne peut comparer un poisson à un Mammifère et que l'emploi de la longueur réelle du corps n'a de valeur que si l'on étudie des animaux d'une même classe.

Crampe [11], s'appuyant sur quelques observations isolées faites sur des Chats, estime que l'action de la nourriture sur le canal alimentaire est due à la forme de celle-ci plutôt qu'a sa composition chimique.

Gegenbaur [20], quoique sobre dans ses descriptions du tube digestif chez les Mammifères, dit que le développement du cæcum est lié à l'alimentation. Il est court et peut manquer totalement chez les carnivores, tandis que son volume devient considérable chez les herbivores.

Landois [27], après Cuvier a montré que les animaux domestiques avaient plus d'intestin que les mêmes espèces à l'état sauvage, par suite d'un régime plus omnivore. Il trouve pour le Loup un rapport intestinal de 4, et de 5 à 6 pour le Chien.

Lucksch-Czernowitz [28] a trouvé que l'intestin des paysans de la Bukovine, qui se nourrissent de farine, légumes, était plus long par suite de cette nourriture végétarienne.

Nous avons déjà montré l'influence prépondérante de l'alimentation sur le tube digestif des Oiseaux [36]. Il était indispensable d'établir avec ces recherches de comparaison et de voir quelle généralité comportaient les rapports qui nous étaient apparus avec évidence. Aussi nous avons poursuivi dans la classe des Mammifères, avec des matériaux aussi abondants que ceux utilisés pour les Oiseaux, une étude parallèle à celle qui avait fait l'objet du précédent travail.

Nous avons disséqué 280 Mammifères indigènes répartis en 30 espèces.

C'est le nombre qui m'a été accessible après deux années de recherches ; nous compléterons d'ailleurs ultérieurement par l'examen des espèces plus rares et de quelques espèces exotiques.

Ces animaux ont été tués à la chasse, sauf le Mouton et le Cheval. L'intestin, retiré de la cavité abdominale, a été étalé et mesuré en centimètres. Les longueurs ainsi obtenues ont été rapportées à la longueur du corps prise du museau à l'anus et exprimée en centimètres et à la longueur du corps calculée par la formule $l = \sqrt[3]{P}$, P étant exprimé en grammes. Cette dernière longueur ne donne de résultats comparables que si la forme et la densité des animaux est la même, ce qui est exact approximativement.

Voici les résultats obtenus suivant les différents régimes [46.69] :

| | Poids moyen. gr. | Rapport de la longueur de l'intestin à la longueur réelle du corps. | Rapport de la longueur de l'intestin à la longueur $l = \sqrt[3]{P}$. |
|---|---|---|---|
| Insectivores..... | 7,20 | 2,5 | 6,3 |
| Carnivores..... | 546,70 | 3,7 | 14,1 |
| Piscivores..... | 5.760 | 4,6 | 17,5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Omnivores | 102,90 | 6,8 | 22,6 |
| Frugivores | 759,60 | 7,1 | 23,7 |
| Granivores | 190,60 | 8,7 | 26,0 |
| Omnicarnivores | 192,00 | 8,6 | 29,6 |
| Herbivores | 4.7344,70 | 15,1 | 54,2 |

Il est à remarquer tout d'abord qu'on obtient le même classement en employant les deux longueurs du corps.

Ce sont les groupes qui se nourrissent d'animaux qui ont le moins d'intestin et les végétariens qui en possèdent le plus : entre les deux se placent les omnivores. En approfondissant, on voit que les insectivores ont le moins de longueur intestinale et que les omnicarnivores en ont beaucoup. Or ce dernier groupe est composé d'espèces appartenant à l'ordre des Insectivores ; ils se nourrissent de petits Rongeurs, Vers de terre, assez fréquemment de Batraciens et Serpents, rarement d'Insectes. Ils mangent en somme un peu toute sorte de chair.

Or il est à signaler que les Oiseaux nous ont donné un classement identique avec les insectivores en bas de l'échelle et les herbivores en haut [69.36]. Le Tableau suivant fera mieux saisir la ressemblance :

| Mammifères. | Rapport de la longueur d'intestin à la longueur du corps $l = K\sqrt[3]{P}$. | Oiseaux. | Rapport de la longueur d'intestin à la longueur du corps $l = K\sqrt[3]{P}$. |
|---|---|---|---|
| Insectivores | 6,3 | Insectivores | 6,30 |
| Carnivores | 14,10 | Omnivores (corbeaux) | 10,20 |
| Piscivores | 17,50 | Carnivores | 10,50 |
| Omnivores | 22,60 | Frugivores | 11,50 |
| Frugivores | 23,70 | Piscivores | 12,40 |
| Granivores | 26,00 | Granivores | 12,80 |
| Omnicarnivores | 29,60 | Omnicarnivores (grands Échassiers) | 15,50 |
| Herbivores | 54,20 | Herbivores (Oie, Cygne) | 16,70 |

Le classement est le même et le phénomène présente donc une généralité qui nous montre que le régime alimentaire est bien le gros facteur de l'évolution du tube digestif.

Nous avons étudié de même la surface intestinale, que nous avons calculée par le procédé que nous avons indiqué antérieurement [36.41].

Les surfaces ainsi obtenues ont été rapportées à la surface

du corps calculée par la formule $S = \sqrt[3]{P^2}$, P étant exprimé en grammes. Voici les résultats, suivant les différents régimes :

| | Poids moyen. gr. | Rapport de la surface de l'intestin à la surface du corps $S = \sqrt[3]{P^2}$. |
|---|---|---|
| Insectivores | 7,20 | 2,2 |
| Carnivores | 546,70 | 3,5 |
| Piscivores | 5760 | 3,9 |
| Omnivores | 102,90 | 4,5 |
| Omnicarnivores | 192 | 4,9 |
| Frugivores | 759,60 | 5,6 |
| Granivores | 168,70 | 5,6 |
| Herbivores | 47344,70 | 6,2 |

Il ressort immédiatement de l'examen de ce Tableau que ce sont les groupes qui se nourrissent d'animaux qui ont le moins de surface intestinale et les végétariens qui en offrent le plus. Il n'y a ici aucune exception. Les omnicarnivores qui se trouvent avoir une grande longueur d'intestin possèdent une petite surface intestinale qui les classe avec les autres espèces à régime carné [47].

Nous avons déjà effectué les mêmes recherches sur les Oiseaux [41]. Le Tableau suivant permettra mieux de faire les comparaisons :

| Mammifères. | Surface relative d'intestin (surface du corps $S = \sqrt[3]{P^2}$). | Oiseaux. | Surface relative d'intestin (surface du corps $S = \sqrt[3]{P^2}$). |
|---|---|---|---|
| Insectivores | 2,2 | Omnicarnivores | 1,1 |
| Carnivores | 3,5 | Carnivores | 1,2 |
| Piscivores | 3,9 | Insectivores | 1,7 |
| Omnivores | 4,5 | Piscivores | 1,8 |
| Omnicarnivores | 4,9 | Omnivores | 2,1 |
| Frugivores | 5,6 | Frugivores | 2,3 |
| Granivores | 5,6 | Herbivores | 2,3 |
| Herbivores | 6,2 | Granivores | 2,4 |

Le classement ressort encore identique dans les deux classes de Vertébrés, ce qui vient confirmer le bien-fondé de nos recherches.

Nous avons omis à dessein l'étude des replis de la muqueuse (villosités, etc.). Nous estimons qu'il intervient là un nouvel élément auquel nous consacrons nos recherches présentes.

## RECHERCHES SUR LES CÆCUMS

Gesner en 1585, semble-t-il, est le premier qui ait signalé les cæcums, mais comme beaucoup de ses successeurs, ses observations sont souvent peu précises.

Buffon [9] croit à un rapport entre les cæcums et la taille de l'animal, les grands Oiseaux devant avoir de grands cæcums et les petits de courts, et cela est manifestement erroné.

Macartney [29] fait une étude assez approfondie du troisième cæcum chez le Courlis et l'Oie: cæcum dont il voit l'origine dans le canal vitellin.

Home [25], commence à faire des recherches organométriques. Les cæcums seraient d'après lui le résultat de l'abondance ou du manque de nourriture. Quand il y a profusion, les cæcums sont courts ; en cas de disette, ils s'allongent pour permettre au contenu intestinal d'y pénétrer et d'y subir plus longtemps l'action des sucs digestifs.

Tiedemann et Gmelin tentent l'examen histologigue et chimique des cæcums.

Cuvier [13.14] leur refuse tout rôle quel qu'il soit et montre qu'ils sont situés près du cloaque quand ils sont petits et assez loin quand ils sont développés ; c'est en somme la loi de concordance que nous avons trouvée entre la longueur du cæcum et celle du gros intestin.

Carus [10] attribue les grands cæcums à l'alimentation végétale et les cæcums courts à l'alimentation carnée, ce qui est une approximation juste, mais par trop incomplète.

Meckel [72] apporte de la précision à ces sortes de recherches. Il voit dans les grands cæcums une suppléance à la brièveté de l'intestin et confirme les travaux de Macartney sur le troisième cæcum qui n'est, d'après lui, que le conduit vitellin persistant chez les Oiseaux d'eau et de marais.

Eberth [16] reprend l'étude histologique des cæcums et y définit les follicules et les glandes closes.

Owen [78], fait remarquer que les Rapaces diurnes ont de petits cæcums, tandis que les Rapaces nocturnes en possèdent de longs, ce qui serait chez ces derniers la conséquence d'une digestion difficile.

D'après Gegenbaur [20] les Oiseaux ont généralement des cæcums pairs, qui ne manquent que dans quelques genres. Tantôt ce sont de petites papilles, tantôt de longs tubes.

Gadow [17.18] leur accorde une certaine utilité quand ils sont longs et leur refuse toute fonction quand ils sont courts.

Oppel [76.77] admet une corrélation entre le développement des cæcums et la nourriture végétale.

Maumus [70] a étudié la morphologie des cæcums dans les différents ordres d'Oiseaux. Il prétend qu'un Oiseau ne succombe pas à l'ablation de ses cæcums et que les sucs de ceux-ci hydrolysent l'amidon, intervertissent le saccharose et digèrent les albuminoïdes. Il affirme que chez un Oiseau granivore soumis au régime carné le saccharose n'est plus interverti, ni l'amidon hydrolysé. Ces recherches seraient certainement à vérifier d'une façon générale et à poursuivre.

Maumus signale un troisième cæcum chez les Palmipèdes, les Échassiers, et donne quelques mesures à ce sujet. Il n'en a jamais trouvé trace chez les autres ordres. Tous ces auteurs ont donné des cæcums des descriptions souvent très différentes.

Maumus admet que tous les Grimpeurs sont en somme dépourvus de cæcums. Owen cependant en signale deux très réduits chez le Pic-vert. Je n'en ai pas trouvé dans ce groupe. sauf chez le Coucou (*Cuculus canorus* L.) où ils mesurent 40 millimètres et 32 millimètres.

Par contre, Siebold et Stannius [87] déclarent que dans cette espèce ils sont courts; Cuvier et Meckel, qu'ils sont longs. Maumus en cite un exemplaire dont l'intestin avait 28 centimètres et les cæcums 35 et 45 millimètres de long.

Pour les Rapaces, les auteurs s'accordent à admettre que les Rapaces diurnes ont des cæcums courts et les Rapaces nocturnes de longs. Cependant Cuvier affirme que l'Épervier en est dépourvu, tandis qu'Home en prive le Vautour. Nous avons vu d'ailleurs que les Rapaces diurnes n'en présentent pas tous.

Maumus donne pour quelques Rapaces nocturnes les dimensions suivantes :

| | Centimètres. |
|---|---|
| Grand-duc | 10 |
| Hulotte | 9 |
| Effraie | 6 |

Maumus signale les Passereaux comme possédant les plus petits cæcums. S'il en a vu de 9 millimètres, comme chez le grand Corbeau, il cite le Bouvreuil comme n'en ayant que de 1 millimètre de long. Siebold et Stannius mentionnent l'Hirondelle comme dépourvue de cæcum ; Cuvier prétend que l'Alouette n'en possède pas.

D'après Maumus, les Colombins ont en général des cæcums courts, mesurant par exemple 2 millimètres de long chez le Pigeon sauvage, ou n'existant pas, comme chez le Pigeon nicobar. Par contre, il montre les Gallinacés comme toujours pourvus de longs cæcums et leur assigne 55 centimètres chez le Coq de bruyère, 9 centimètres chez la Caille, 16 centimètres chez la Perdrix.

Maumus dit que les Échassiers ne possèdent souvent qu'un seul cæcum. Ses descriptions, d'ailleurs rares, sont pour ce groupe toujours conformes à la vérité, sauf pour le Marabout, chez lequel je n'ai pas vu d'étranglement.

Chez les Palmipèdes, Owen avait signalé le Grèbe comme ne possédant qu'un cæcum, Tiedemann et Carus avaient agi de même pour le Plongeon et le Harle. Nous en avons trouvé toujours deux chez ces Oiseaux. Cependant je mentionnerai un individu de *Gelochelidon anglica* Mont. qui n'en présentait qu'un, au contraire des autres sujets de cette espèce qui en possèdent toujours d'eux.

Maumus divise les Palmipèdes en deux groupes :

1) Les Palmipèdes terrestres à grands cæcums.

2) Les Palmipèdes marins à petits cæcums.

Il donne ensuite quelques données un peu lâches sur divers types de cette famille.

| | Longueur des cæcums | Longueur de l'intestin |
|---|---|---|
| | — | — |
| | mm. | cm. |
| Mouette à pieds rouges | 6 | 54 |
| Albatros | 8 | » |
| Harle | 25 | 140 |
| Pingouin | 15 et 20 | 89 |
| Grand Guillemot | 15 | 91 |
| Canard de Barbarie | 13 | 190 |
| Canard sauvage | 12 | 147 |
| Oie | 18 | 200 |
| Cygne | 25 | 240 |

Le même auteur décrit les cæcums de quelques Coureurs qui, d'après lui, mesurent respectivement 15 centimètres chez le Casoar austral, 60 centimètres chez l'Autruche.

Ses descriptions sont presque constamment concordantes avec les nôtres. Nous avons cependant regretté de ne jamais trouver le poids des Oiseaux qu'il a étudiés.

L'étude très approfondie des cæcums que nous avons faite [39] nous a amené à classer les Oiseaux en trois groupes :

1) Ceux qui n'ont pas de cæcums;

2) Ceux qui n'ont qu'un cæcum;

3) Ceux qui ont deux cæcums.

Le troisième groupe peut encore admettre des subdivisions fondées sur des caractères secondaires de morphologie externe. On distingue les Oiseaux à cæcums courts et les Oiseaux à cæcums longs. Quelquefois ces appendices sont si petits qu'ils sont à peine perceptibles. Quand ils sont très longs, il faut, pour les distinguer et les séparer, dérouler avec soin l'intestin.

Nous aurions pu suivre une telle méthode de classification, mais elle offrirait peu d'intérêt en soi. Elle nous conduirait à former des groupes d'Oiseaux hétérogènes. Par contre, si l'on étudie les cæcums des Oiseaux en tenant compte de la classification que nous avons obtenue par l'étude du régime, on arrive au résultat que, dans un même régime, les individus possèdent presque sans exception la même forme de cæcums.

L'ensemble de l'étude que nous en avons faite nous montre qu'effectivement à chaque régime correspond en gros une forme déterminée de cæcums. Nous pouvons résumer ces résultats dans le tablean suivant :

1) *Oiseaux sans cæcums.*
Frugivores.

2) *Oiseaux à un seul cæcum.*
Omnicarnivores.

3) *Oiseaux à deux cæcums courts* :
Carnivores (parfois nuls).
Piscivores —
Insectivores —
Omnivores (corbeaux).
Granivores insectivores.

4) *Oiseaux a deux cæcums longs*:
Testacivores.

Carnivores insectivores.
Omnivores (canards).
Granivores (parfois nuls).
Herbivores (cygne, oie).

Nous avons aussi pesé les cæcums. Quand ces organes sont brefs, il suffit de les détacher de l'intestin et de les peser tels quels. Longs, il faut les débarrasser des matières qui les gorgent. A cet effet, on les ouvre, les lave et, après les avoir séchés, on les pèse. Nous résumons dans le tableau suivant les résultats obtenus en étudiant les cæcums, après avoir ramené leur poids au kilo d'animal, dans neuf espèces composées de vingt individus chacune [36].

On voit de suite que les chiffres de ce tableau concordent avec ceux que nous avons trouvés en comparant la longueur des cæcums à la longueur du corps.

| | Rapport de la longueur des cæcums à la longueur du corps $l = \sqrt[3]{P}$. | Poids des cæcums par kilo. |
|---|---|---|
| Crécerelle | 0,07 | 0,05 |
| Mouette | 0,22 | 0,20 |
| Hirondelle | 0,26 | 0,20 |
| Grive | 0,32 | 0,30 |
| Courlis | 0,59 | 0,60 |
| Cul-blanc | 1,90 | 1,50 |
| Vanneau | 2,00 | 1,10 |
| Sarcelle | 2,60 | 1.20 |
| Lagopède | 14,70 | 12,50 |

Les enseignements de ce tableau sont tels que nous les prévoyions vu les variations considérables des longueurs des cæcums.

Nous avons étudié les rapports de la longueur du gros intestin et de la longueur des cæcums à la longueur du corps chez 400 Oiseaux. Nous résumons dans le Tableau suivant les résultats obtenus en effectuant les moyennes de ces rapports suivant les différents régimes [34].

| Nombre des individus. | Désignation des régimes. | Poids moyens des individus. | Rapport de la longueur du gros intestin à la longueur du corps $l = \sqrt[3]{P}$. | Rapport de la longueur des cæcums à la longueur du corps. |
|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | |
| 12... | Omnivores (Canards)..... | 2.207,20 | 0,73 | 3,20 |
| 18... | Carnivores..... | 1.722,30 | 0,29 | 0.06 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 13... | Omnicarnivores..... | 1.702,50 | 0,44 | 0,10 |
| 23... | Piscivores..... | 806,80 | 0,51 | 0,27 |
| 27... | Granivores..... | 513,40 | 1,06 | 5,30 |
| 16... | Carnivores insectivores.... | 374,80 | 0,59 | 2 |
| 26... | Testacivores..... | 269,70 | 0,67 | 1,90 |
| 10... | Omnivores (Corbeaux)..... | 214,70 | 0,20 | 0,28 |
| 7... | Frugivores..... | 152,30 | 0 | 0 |
| 44... | Insectivores..... | 38,20 | 0,40 | 0,25 |
| 24... | Granivores insectivores.... | 33,10 | 0,38 | 0,17 |

Les cæcums et le gros intestin présentent donc des variations identiques suivant les diverses régimes.

Faut-il penser que les régimes granivore et herbivore surchargent le tube digestif en matériaux inutiles qui mécaniquement distendent le gros intestin et allongent les cæcums, tandis que le régime carné, laissant peu de déchets, n'a par suite aucune action sur l'intestin et les cæcums qui s'atrophient ?

A moins que la brièveté du gros intestin et des cæcums ne soit la conséquence du régime toxique qui provoque l'évacuation immédiate des résidus de la digestion, tandis que l'innocuité du régime végétarien favoriserait la stase et par suite l'allongement du gros intestin. La stase intestinale donnant lieu à des fermentations, les cæcums se développeraient en vue de neutraliser les toxines engendrées.

*
* *

Cuvier [13.14] a donné une description assez exacte du cæcum des Mammifères. Il montre que l'appendice vermiforme n'existe chez les Singes que chez l'Orang et le Gibbon. Le cæcum est généralement très court. Les Makis ont un cæcum plus long que les Singes.

Chez les Carnivores plantigrades, Ours, Raton, Blaireau, il n'a pas trouvé de cæcum. Les autres carnivores digitigrades ont un cæcum petit, en forme de doigt, comme la Civette, la Zibette, la Genette.

Il montre que, chez les Rongeurs, le plus ou moins grand développement du cæcum, qui ne manque que dans le seul genre des Loirs, est en rapport avec la nourriture. Les Rongeurs qui se nourrissent d'herbes, tels que les Lièvres, paraissent avoir le cæcum le plus long et le plus grand. Parmi ceux qui se nourrissent de graines, les Campagnols, Hamsters, Lemmings, qui sont très voraces, ont aussi un grand cæcum,

Nous avons montré l'influence du régime alimentaire sur la morphologie et la longueur du cæcum chez les Oiseaux [36]. Nous avons entrepris les mêmes recherches sur les Mammifères [48.69]. Nous résumons, dans le Tableau suivant, les observations que nous avons faites, suivant les différents régimes dans les deux classes de Vertébrés, sur la morphologie de l'appendice cæcal ;

| Oiseaux. | Mammifères. |
|---|---|
| *Animaux sans cæcum.* | |
| Frugivores. | Frugivores. |
| *Animaux sans cæcum ou à cæcum réduit.* | |
| Omnicarnivores. | Omnicarnivores. |
| Carnivores. | Carnivores. |
| Piscivores. | Piscivores. |
| Insectivores. | Insectivores, |
| *Animaux à cæcum court ou réduit.* | |
| Omnivores (Corbeaux). | Omnivores. |
| *Animaux à long cæcum.* | |
| Granivores. | Granivores. |
| Herbivores. | Herbivores. |

Le classementest identique. Je ferai remarquer que les Mammifères ne possèdent en général qu'un seul cæcum, alors que les Oiseaux en ont presque toujours deux. Les cæcums courts des Oiseaux sont, d'après les recherches histologiques et chimiques que j'ai entreprises, des organes atrophiés riches en tissu lymphoïde et dont le rôle a probablement cessé d'être.

Nous avons mesuré la longueur du cæcum, chez les différents Mammifères que nous avons disséqués. Nous donnons ici, en comparaison avec les Oiseaux, les chiffres obtenus, suivant les différents régimes, en rapportant la longueur du cæcum à la longueur du corps $l = \sqrt[3]{P}$.

| Oiseaux. | Poids moyen. | Longueur relative du cæcum. | Mammifères. | Poids moyen. | Longueur relative du cæcum. |
|---|---|---|---|---|---|
| Frugivores..... | 152,3 | 0 | Frugivores..... | 759,6 | 0 |
| Carnivores..... | 1.722,3 | 0,06 | Carnivores..... | 546,7 | 0,29 ou 0 |
| Omnicarnivores. | 1.702,5 | 0,10 | Omnicarnivores. | 192 | 0 |
| Insectivores .... | 38,2 | 0,25 | Insectivores..... | 7,2 | 0 |
| Piscivores ..... | 806,8 | 0,27 | Piscivores..... | 5.760 | 0 |
| Omnivores (Corbeaux)..... | 214,7 | 0,28 | Omnivores ..... | 102,9 | 1,10 |
| Herbivores..... | 2.207,2 | 3,20 | Herbivores..... | 47.344,7 | 2,80 |
| Granivores..... | 513,4 | 5,30 | Granivores..... | 190,6 | 2,80 |

Il y a là encore une analogie qui frappe. Les régimes herbivore et granivore développent le ou les cæcums. Ils nous paraissent jouer dans ce cas un rôle antitoxique contre les fermentations qui se forment chez ces animaux par suite de la stase intestinale. Par contre, chez les espèces qui se nourrissent de chair quelle qu'elle soit, le cæcum s'atrophie ou disparaît complétement, son action cessant d'être nécessaire dans ce cas.

Nous avons aussi signalé pour les Oiseaux une loi intéressante, montrant que l'action du régime alimentaire était la même sur le cæcum et le gros intestin [34]. Ces deux organes varient dans le même sens. Chez les Mammifères nous trouvons le même résultat, comme l'indique le Tableau suivant :

| | Longueur relative | | | Longueur relative | |
|---|---|---|---|---|---|
| | du | du | | du | du |
| Oiseaux. | cæcum. | gros intestin. | Mammifères. | cæcum. | gros intestin. |
| Frugivores..... | 0 | non visible | Frugivores..... | 0 | non visible |
| Carnivores..... | 0.06 | 0.29 | Carnivores..... | 0 ou 0,29 | Id. (ou 1,9). |
| Insectivores..... | 0,25 | 0,40 | Insectivores .... | 0 | Id. |
| Omnicarnivores. | 0,10 | 0,44 | Omnicarnivores. | 0 | Id. |
| Piscivores ..... | 0,27 | 0,51 | Piscivores..... | 0 | Id. |
| Omnivores (Corbéaux)..... | 0,28 | 0,30 | Omnivores..... | 1,10 | 4,50 |
| Herbivores ..... | 3,20 | 0,73 | Herbivores ..... | 2,80 | 7,7 |
| Granivores..... | 5,30 | 1,06 | Granivores ..... | 2,80 | 12,2 |

L'influence du régime alimentaire sur le tube digestif nous apparaît donc de plus en plus prépondérante et de plus en plus générale, au fur et à mesure que nous pénétrons plus avant dans nos recherches.

## RECHERCHES SUR L'ESTOMAC

Le ventricule succenturié et le gésier ont davantage attiré l'attention des auteurs.

Gadow [18.19] divise, d'après la morphologie de ces organes, les Oiseaux en six groupes.

1) *Insectivores purs et Frugivores.* — Le jabot manque. Ventricule fort ; gésier faiblement musculeux.

2) *Granivores et Insectivores.* — Jabot manque en général. Ventricule et gésier forts.

3) *Carnivores.* — Il existe une sorte de poche-jabot. Le ventricule a une grande action chimique.

4) *Piscivores et mangeurs de charognes.* — La plupart du temps sans vrai jabot avec ventricule et gésiers très grands, très fortement absorbants, très faiblement musculeux.

5) *Granivores purs.* — Jabot grand et fort. Ventricule fortement mécanique.

6) *Végétariens.* — Quand ils mêlent à leur régime des grains, ils ont un vrai jabot et un gésier très fort.

Gadow conclut de ses observations qu'il n'existe aucun rapport entre le régime et le volume du ventricule.

Tiedemann [90] avait déjà observé que les Oiseaux qui ont un gros ventricule n'ont pas de jabot, ce qui n'est pas toujours exact.

Comme toujours, les observations, qui sont la plupart du temps consciencieuses, manquent de valeur par le peu de précision qu'y apportent les auteurs.

Nous avons de notre côté effectué de nombreuses recherches sur l'estomac des Oiseaux. Voici les chiffres que nous avons publiés [35.36].

| Nombre d'individus. | Désignation des régimes. | Poids moyen des individus. gr. | Poids du ventricule par kilog. d'animal. | Poids du gésier par kilog. d'animal. |
|---|---|---|---|---|
| 12... | Omnivores (Canards)..... | 2.207,30 | 3,56 | 31,50 |
| 18... | Carnivores ..... | 1.722,30 | 3,50 | 6,10 |
| 13... | Omnicarnivores ..... | 1.702,50 | 5,40 | 6,40 |
| 23... | Piscivores ..... | 806,80 | 4,60 | 15,90 |
| 27... | Granivores..... | 513,40 | 3,10 | 29,10 |
| 16... | Carnivores insectivores... | 374,80 | 3,80 | 17,10 |
| 26... | Testacivores..... | 269,70 | 3,70 | 25,30 |
| 10... | Omnivores (Corbeaux).... | 214,70 | 2,90 | 31,60 |
| 7... | Frugivores ..... | 152,30 | 4,90 | 17,50 |
| 44... | Insectivores..... | 38,20 | 3,50 | 32,70 |
| 24... | Granivores insectivores... | 33,10 | 5,90 | 22,10 |

On se rend compte de suite que quelques groupes formés par les piscivores, les frugivores, les granivores insectivores possèdent un poids de ventricule presque double de celui des autres. L'accroissement de leur ventricule est d'ordre purement mécanique ; il vient de ce que ces Oiseaux se nourrissent de proies volumineuses et intactes, telles que des poissons, dont l'ingestion distend le ventricule et développe sa tunique musculaire. Par contre les Oiseaux dont le gésier est très pesant se

nourrissent de graines, d'insectes, de crustacés, aliments dont la structure nécessite une trituration énergique pour permettre la pénétration des diastases.

Nous avons poursuivi nos recherches biométriques sur l'estomac des 280 Mammifères que nous avons déjà étudiés pour la longueur de l'intestin [50.69]. Chaque estomac, débarrassé des matières alimentaires, était pesé ; les poids ainsi obtenus étaient rapportés au kilogramme d'animal.

Voici les résultats suivant les différents régimes alimentaires que l'on rencontre chez ces animaux :

| Régimes. | Poids total moyen, gr. | Estomac par kilogr. |
|---|---|---|
| Insectivores | 7,20 | 5,8 |
| Piscivores | 5.760 | 7,4 |
| Carnivores | 546,70 | 7,5 |
| Omnivores | 102,90 | 7,5 |
| Frugivores | 708,80 | 7,8 |
| Omnicarnivores | 187,60 | 9,2 |
| Granivores | 174,20 | 9,3 |
| Herbivores | 47.344,70 | 14,6 |

Il ressort de ce Tableau que ce sont les insectivores qui ont l'estomac le moins pesant. Les herbivores en possèdent la plus grande quantité. A côté de ceux-ci se placent les granivores et les omnicarnivores. Or, c'est de cette façon que se classent justement les Mammifères quand on étudie la longueur de l'intestin [46.69], comme le montre le Tableau suivant :

| Régimes. | Rapport de la longueur de l'intestin à la longueur du corps. |
|---|---|
| Insectivores | 2,5 |
| Carnivores | 3,7 |
| Piscivores | 4,6 |
| Omnivores | 6,8 |
| Frugivores | 7,1 |
| Omnicarnivores | 8,6 |
| Granivores | 8,7 |
| Herbivores | 15,1 |

Les deux classements sont identiques. Cela vient à l'appui de l'hypothèse que nous avons émise, à savoir que c'est la quantité et la qualité de l'aliment qui distendent le tube digestif tout entier. Les végétaux agissent mécaniquement par leur poids, par les résidus qu'ils laissent ; les omnicarnivores occupent une place

à part, et leur cas appelle de nouvelles expérimentations afin d'expliquer la position élevée qu'ils occupent dans le classement.

## RECHERCHES SUR LE FOIE

Peu d'auteurs ont fait avant nous des recherches d'ensemble sur la variation en poids des organes. Il n'y a guère à citer que Richet et Maurel.

Richet [82], le premier, a pu, grâce à de nombreuses observations personnelles, et en utilisant les chiffres recueillis par d'autres savants sur des espèces isolées, réunir des documents qu'il a résumés dans le Tableau suivant :

| | Poids. | FOIE par kilogr. | FOIE par unité de surface. |
|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. |
| Souris | 6 | 51 | 0,85 |
| Rat | 260 | 51 | 2,90 |
| Cobaye | 460 | 41 | 2,83 |
| Lapin | 1.430 | 42 | 4,20 |
| Chat | 2.670 | 32,5 | 4 |
| Chien | 16.000 | 28 | 6,70 |
| Homme | 41.000 | 34,8 | 10,35 |
| Mouton | 72.000 | 15,2 | 5,65 |
| Porc | 110.000 | 14,7 | 6,30 |
| Bœuf | 525.000 | 13,1 | 9,40 |

Richet conclut :

1° Dans les différentes espèces de Mammifères, la proportion du foie varie à la fois par l'unité du poids et l'unité de surface ;

2° D'une manière générale, la proportion du foie est d'autant plus grande par rapport à la surface que l'animal est plus gros, et d'autant plus grande par rapport au poids que l'animal est plus petit.

Maurel [71], de son côté, a repris les recherches de Richet sur quatre espèces domestiques de Mammifères et deux Oiseaux. Ce rapprochement ne nous semble pas logique, car nous estimons que les différences qui séparent ces deux classes de Vertébrés n'autorisent pas à les fondre dans un ensemble homogène. Il a résumé dans le tableau suivant ses dernières recherches.

| | Poids moyen. | Foie par kilogr. | Poids moyen. | Foie par unité de surface (dmq.). |
|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. |
| Cobaye... | de 600 à 900 gr. | 37,30 | de 800 à 900 gr. | 4,28 |
| Lapin..... | au-dessus de 1.800 gr. | 38,07 | au-dessus de 1.400 gr. | 6,77 |
| Hérisson.. | — 500 — | 55 | 750 gr. | 6,46 |
| Poulet.... | — 1.100 — | 28,80 | au-dessus de 1.100 gr. | 3,90 |
| Pigeon.... | — 400 — | 31 | — 400 — | 3,44 |
| Chien .... | de 30 à 40 kilogr. | 21,90 | de 30 à 40 kilogr. | 9,87 |
| — .... | de 40 kilogr. | 20,90 | de 40 kilogr. | 9,72 |

Maurel conclut :

1° Pour la même espèce animale, quand elle présente des différences de volume dépendant des variétés, la quantité de foie par kilogramme d'animal est d'autant plus grande que l'animal est plus petit ;

2° La proportion de foie par kilogramme varie avec la nature de l'alimentation, les carnivores ayant plus de foie que les granivores.

Bien d'autres auteurs ont donné des chiffres relatifs aux organes des Mammifères. Ces chiffres sont intéressants, mais il n'y a pas lieu pour nous d'établir de comparaison, car le plus souvent les auteurs ne se sont attachés qu'à l'étude d'une seule espèce.

De Lariboisière [81] a poursuivi des recherches très étendues sur le foie des Oiseaux. Voici les chiffres qu'il a publiés :

| | Poids moyen. | Poids de foie par kilogr. |
|---|---|---|
| Carnivores..... | 1.886,60 | 17,50 |
| Carnivores et piscivores..... | 1.707,40 | 20,10 |
| Granivores..... | 613,10 | 20,50 |
| Frugivores..... | 152,30 | 22,20 |
| Omnivores (Palmipèdes)..... | 2.371,90 | 26,70 |
| Carnivores et insectivores..... | 383,80 | 27,10 |
| Omnivores (Corvidés)..... | 214,70 | 29,10 |
| Granivores et insectivores..... | 28,70 | 30 |
| Insectivores indigènes..... | 34,20 | 34,90 |
| Piscivores et insectivores..... | 255,60 | 34,90 |
| Insectivores exotiques..... | 22,20 | 35,40 |
| Piscivores..... | 833,60 | 35,70 |

Il conclut que c'est à l'alimentation piscivore ou insectivore qu'appartient la plus grande quantité de foie et à l'alimentation granivore ou carnivore qu'appartient la plus petite quantité de foie.

Nous avons eu l'occasion de reprendre ces investigations sur 110 Oiseaux. Nous voulions rechercher quelle était la cause des différences de poids observées. Comme nous avons déjà montré que chez une même espèce le poids du foie variait d'une façon assez notable suivant que l'animal était tué par saignée ou d'une façon brusque [38], nous avons opéré d'abord sur des individus tués au fusil. Le foie a été pesé de suite. Les poids ainsi obtenus ont été rapportés au kilogramme d'animal. Nous avons considéré, pour avoir une première idée du sujet, la moyenne de la quantité de foie par kilogramme suivant les différents ordres d'Oiseaux.

Nous remarquerons ici que chacun de ces ordres est formé d'individus à même régime. Cela reviendra donc à étudier le poids du foie en fonction du régime alimentaire.

| ORDRES. | RÉGIMES. | POIDS moyen. | POIDS relatif de foie. |
|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. |
| Grands Échassiers..... | Omnicarnivores..... | 1.377,60 | 21,9 |
| Gallinacés, Colombins. | Granivores..... | 358,50 | 22,8 |
| Passereaux..... | Baccivores..... | 50,70 | 23,2 |
| Rapaces diurnes..... | Carnivores..... | 338,70 | 23,4 |
| Rapaces nocturnes..... | Carnivores-insectivores. | 274,40 | 29,0 |
| Passereaux..... | Insectivores..... | 52,30 | 34,4 |
| Petits Échassiers..... | Testacivores..... | 401,00 | 38,8 |
| Palmipèdes marins.... | Piscivores..... | 345,30 | 48,4 |

Nous pouvons conclure que ce sont les Oiseaux qui se nourrissent de viande et de végétaux qui ont le moins de foie. Ils en ont tous sensiblement la même quantité.

Par contre, les Oiseaux qui se nourrissent de poissons, mollusques, insectes, ont le plus de foie.

Les piscivores en ont presque le double des carnivores et des granivores. Les Rapaces nocturnes, qui se nourrissent de viandes et d'insectes, se placent entre les carnivores et les insectivores [42].

A quoi est due cette différence de poids relatif? On peut envisager deux causes : l'une peut être attribuée à la variation de la teneur du foie en glycogène, l'autre à une plus ou moins grande hypertrophie du tissu hépatique.

La seconde explication me semble préférable.

Nous avons en effet montré [38] qu'en faisant jeûner, dans les différents régimes, quelques sujets de même espèce, on obtient le même classement que celui auquel nous a amené l'étude des mêmes individus vivant à l'état de nature. Il faut par conséquent voir dans l'hypertrophie du foie le résultat d'une réaction de cet organe consécutive à un surcroît de travail et à une intoxication alimentaire.

Mais les Oiseaux que nous avons étudiés ont été tués dans la nature. Leur foie était donc plein de sang. On pourrait nous objecter que les différences de poids sont dues aux quantités de sang retenues.

Nous avons voulu étendre nos recherches à ce sujet. Nous avons opéré sur 58 Oiseaux répartis en 58 espèces. Chaque Oiseau a été tué par section des carotides. Le foie extrait a été lavé, pesé, et le poids ainsi obtenu a été rapporté au kilogramme d'animal. Voici les résultats suivant les divers régimes [57]. Nous avons ajouté les herbivores, que nous n'avions pu étudier la première fois.

| ORDRES. | RÉGIMES. | POIDS moyen total. | POIDS relatif du foie après saignée. |
|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. |
| Oie, Cygne..... | Herbivores..... | 5.206,00 | 13,9 |
| Grands Échassiers..... | Omnicarnivores ..... | 2.158,20 | 15,7 |
| Rapaces diurnes..... | Carnivores..... | 1.862,00 | 16,7 |
| Gallinacés, Colombins.. | Granivores..... | 298,40 | 17,5 |
| Canards..... | Omnivores..... | 548,20 | 22,5 |
| Rapaces nocturnes..... | Carnivores-insectivores. | 716,70 | 23,9 |
| Palmipèdes marins.... | Piscivores..... | 822,20 | 26,2 |
| Petits Echassiers..... | Testacivores..... | 227,80 | 27,7 |
| Passereaux..... | Insectivores..... | 23,20 | 34,1 |

On est frappé de prime abord par l'identité de classement qui existe entre les Oiseaux tués dans la nature et ceux morts après saignée. Ici encore les granivores et les carnivores ont sensiblement la même quantité de foie ; les piscivores en ont davantage. Les insectivores en possèdent le plus. Le régime est donc bien la cause des variations du foie, variations qui portent sur le parenchyme hépatique lui-même.

Mais les différences qui séparent quelques groupes ont changé. Ainsi les Canards ont moins de foie que les Rapaces nocturnes. Les piscivores et les petits Échassiers, chez lesquels cet organe est développé au maximum lorsqu'ils sont tués brusquement, montrent après saignée un foie plus petit que les insectivores.

Il nous sera facile d'en donner l'explication. Le sang retenu dans l'organe par la mort brusque est la cause de ces résultats.

Nous avons montré que si l'on étudie la quantité totale de sang chez les Oiseaux [53], on constate deux groupes : l'un formé des Oiseaux terrestres, l'autre constitué par les Oiseaux marins ou fluviatiles. Ces derniers ont en moyenne de 60 à 80 grammes de sang par kilogramme, alors que les autres n'en possèdent que de 30 à 50 grammes.

Ce sont justement les Oiseaux riches en tissu sanguin, les Oiseaux marins ou fluviatiles, dont le poids relatif du foie modifie légèrement le classement après la saignée. Chez ces derniers une plus grande partie du poids du foie est constituée par du sang après la mort brusque, par suite de la plus grande quantité totale qui en existe dans le système vasculaire.

Cet organe a un rôle très complexe, longuement étudié par les physiologistes. Il reçoit par la veine porte une grande partie des produits de l'intestin, les transforme, neutralise les toxines, les ptomaïnes, il fabrique l'urée, le glycogène, la bile, etc.

Il est donc vraisemblable que le principal facteur de sa variation de poids est le régime alimentaire.

Nous avons repris ces études pour le foie des Mammifères [56].

Il nous faut tout d'abord considérer le groupement en régimes que l'observation nous a donné. Nous résumons dans le Tableau suivant les résultats obtenus.

| | Poids total moyen. | Poids du foie par kilogr. |
|---|---|---|
| | gr. | gr. |
| Herbivores | 19.937,60 | 26,3 |
| Piscivores | 5.760 | 29,5 |
| Carnivores | 546,70 | 36,8 |
| Insectivores | 7,30 | 38,8 |
| Granivores | 134,10 | 39,4 |
| Omnicarnivores | 192 | 39,6 |

| | | |
|---|---|---|
| Frugivores | 684,50 | 44,2 |
| Omnivores | 97,40 | 53,4 |

L'examen de ce Tableau pourrait, à première vue, nous amener à conclure avec Richet que ce sont les gros individus qui ont le moins de foie et les petits qui en ont le plus.

Nous ferons remarquer que les carnivores ne possèdent pas plus de foie que les granivores, contrairement à ce que Maurel avait avancé. L'idée que Maurel a énoncée est basée sur ce fait que le Hérisson a beaucoup de foie. Or le Hérisson n'est pas un carnivore pur. Les auteurs classiques le considèrent comme insectivore. Nous avons montré qu'il se nourrissait de toute sorte d'animaux, rarement d'insectes [49].

Nous avons aussi examiné la valeur d'une loi biologique qui est encore très en faveur : le rapport du poids du foie, glande à qui revient un rôle dans la thermogenèse, à la surface du corps, lieu de la déperdition calorique, varie dans le même sens que le poids du corps. Il nous faut donc rapporter le poids du foie à la surface du corps : $S = \sqrt[3]{P^2}$, P étant exprimé en grammes. Voici les résultats obtenus suivant les différents régimes :

| | Poids total moyen. — gr. | Foie par unité de surface du corps. — gr. |
|---|---|---|
| Piscivores | 5.760 | 0,52 |
| Herbivores | 19.937,60 | 0,37 |
| Carnivores | 546,70 | 0,22 |
| Frugivores | 684,50 | 0,19 |
| Omnivores | 97,40 | 0,19 |
| Omnicarnivores | 192 | 0,18 |
| Granivores | 184,10 | 0,16 |
| Insectivores | 7,30 | 0,06 |

Ces résultats sont opposés à ceux que nous venons de donner pour le poids relatif du foie, et auraient avec la thermogenèse le rapport inverse de ce qui est logique, les gros animaux ayant généralement le plus de foie et les petits le moins [62]. Nous ajouterons que cette loi n'a aucune signification.

Irons-nous jusqu'à nier cette relation du foie avec la surface du corps? Non, puisque nous l'avons aperçue en étudiant le poids relatif du foie, mais elle ne peut être démontrée par la comparaison de ces rapports non homogènes. On doit évidemment ne comparer entre elles que des dimensions homo-

logues et pour cela comparer une longueur à une longueur, un poids à un poids. En effet :

$$\frac{\text{Poids du foie}}{\text{Surface du corps}} = \frac{Kl^3}{K'l^2} = \frac{Kl}{K'}$$

Il reste au numérateur une dimension de l'animal et c'est la seule cause du rapport apparent que nous venons d'énoncer entre la surface du corps et le poids du foie. Cette loi serait universelle, puisque avec n'importe quel organe on constaterait la même relation.

Il est admis que c'est la surface du corps qui détermine la quantité de chaleur rayonnée. Cette constatation vient détruire d'elle-même la loi du rapport du foie à la surface, puisque dans ce cas les gros individus, qui ont proportionnellement le moins de surface, ont le plus de foie. Tandis que si l'on considère le poids relatif du foie, on constate qu'au contraire les petits animaux semblent en avoir la plus grande quantité, ce qui correspond à la dépense calorique plus intense par suite de leur plus grande surface corporelle.

## RECHERCHES SUR LES REINS

Comme pour le foie, De Lariboisière [81] a effectué des pesées sur les reins. Voici les résultats auxquels il est arrivé.

| | Poids moyens. | Reins par kg. |
|---|---|---|
| Omnivores (Palpimèdes) | 2.371,90 | 8,20 |
| Carnivores | 1.886,60 | 6,10 |
| Carnivores et piscivores | 1.707,40 | 7,07 |
| Piscivores | 833,60 | 12,90 |
| Granivores | 613,10 | 7,20 |
| Carnivores et insectivores | 383.80 | 9,46 |
| Piscivores et insectivores | 253,60 | 12,20 |
| Omnivores (Corvidés) | 214,70 | 9,57 |
| Frugivores | 152,30 | 8,20 |
| Insectivores (indigènes) | 34,20 | 12,80 |
| Granivores et insectivores | 28,70 | 10,09 |
| Insectivores (exotiques) | 22,20 | 11,50 |

Nous avons étudié le poids relatif des reins chez les Oiseaux, c'est-à-dire le poids de ces viscères par kilogramme d'animal [43]. Ces organes, dont la morphologie est sensiblement la même, diffèrent beaucoup de volume. Nous résumons dans

le Tableau suivant les résultats obtenus en faisant les moyennes de ces poids relatifs suivant les différents régimes.

| ORDRES. | RÉGIMES. | POIDS moyen. | POIDS DE REIN relatif. |
|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. |
| Grands Échassiers.... | Omnicarnivores..... | 1.377,60 | 7,6 |
| Gallinacés, Colombins. | Granivores..... | 358,50 | 7,7 |
| Rapaces diurnes..... | Carnivores..... | 338,70 | 8,3 |
| Rapaces nocturnes... | Carnivores-insectivores. | 274,40 | 9,8 |
| Passereaux..... | Insectivores..... | 52,30 | 11,0 |
| Petits Échassiers..... | Testicavores..... | 401,00 | 12,4 |
| Palmipèdes marins... | Piscivores..... | 345,30 | 14,1 |

Ces recherches ont porté sur les Oiseaux dont nous nous étions servi pour l'étude du foie.

Nous remarquerons de suite que le classement est identique à celui obtenu pour ce dernier organe. Les carnivores et les granivores sont en bas de l'échelle et les piscivores occupent la place supérieure.

Ce résultat semble prouver que ces deux organes réagissent à une même cause : la toxicité du régime alimentaire. Ces réactions se traduisent par des différences de poids.

De Lariboisière était arrivé, de son côté, au même résultat.

Noé conclut de ses résultats que le poids des reins est beaucoup plus élevé chez le carnivore ; voici les résultats de déterminations que donne Noé pour d'autres espèces animales [75] :

| | Poids moyens. | Rein par kilogramme. |
|---|---|---|
| | gr. | gr. |
| Souris blanche..... | 15,50 | 17,40 |
| Rat blanc..... | 187,50 | 12,65 |
| Cobaye..... | 554 | 10,55 |
| Lapin..... | 2.111 | 6,51 |
| Chat..... | 2.505 | 10,20 |
| Chien..... | 5.345 | 5.20 |

Noé en conclut que si l'on classe ces animaux par ordre de taille on s'aperçoit que la proportion des reins est plus forte chez l'animal de petite taille. De plus il en déduit qu'elle est

plus élevée chez le carnivore que chez l'herbivore *en comparant des animaux de même taille.*

Mais Noé ne fait pas remarquer la concordance de ses dires avec ce qu'avaient avancé pour le foie Richet et Maurel. Il ne fait à ce sujet aucune comparaison.

Nous avons, par l'étude du rapport du rein au corps chez les Mammifères, obtenu les résultats suivants : le foie et le rein sont deux organes liés l'un à l'autre. Il y a donc lieu de penser que si le régime agit sur le poids du premier, il doit agir aussi sur le poids du second [63.68].

Examinons le classement que l'on obtient en étudiant le poids du rein suivant les différents régimes.

| | Poids total moyen. | Reins par kilo. |
|---|---|---|
| | — | — |
| | gr. | gr. |
| Herbivores | 19.937,60 | 6,3 |
| Piscivores | 5.760 | 6,5 |
| Omnicarnivores | 192 | 8,7 |
| Granivores | 184,10 | 10,7 |
| Carnivores | 546,70 | 10,8 |
| Insectivores | 7,40 | 11,6 |
| Frugivores | 684,50 | 12,3 |
| Omnivores | 97,40 | 12.9 |

Nous trouvons ici une répartition de nos Mammifères qui met encore les herbivores en bas et les omnivores en haut de l'échelle avec un classement qui s'identifie avec celui du foie, sauf les déclassements entre les groupes moyens, déclassements insignifiants, car les quantités relatives de foie et de rein sont à peu près les mêmes dans les groupes en question.

## RECHERCHES SUR LE CŒUR ET LES POUMONS

De Lariboisière, qui a pesé des cœurs et des poumons, donne les chiffres suivants [81] :

| | Poids moyens. | Cœur p. kg. | Poumons p. kg. |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| Omnivores (Palmipèdes) | 2.371,90 | 9,70 | 8,75 |
| Carnivores | 1.886,60 | 7,90 | 6,60 |
| Carnivores et piscivores | 1.707,40 | 8,60 | 8,30 |
| Piscivores | 833,60 | 11,30 | 12 |
| Granivores | 613,10 | 7,17 | 7,50 |
| Carnivores et insectivores | 383,80 | 9,42 | 8,58 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Piscivores et insectivores..... | 255,60 | 12,30 | 13,09 |
| Omnivores (Corvidés)..... | 214,70 | 10 | 10,73 |
| Frugivores..... | 152,30 | 10 | 9,50 |
| Insectivores (indigènes)..... | 34,20 | 13,20 | 12,70 |
| Granivores et insectivores..... | 28,70 | 11,40 | 10,40 |
| Insectivores (exotiques)..... | 22,20 | 12,90 | 11,40 |

De ce tableau il tire les conclusions suivantes :

1° La taille n'intervient pas, à coup sûr; ce ne sont pas les gros Oiseaux qui ont le moins de cœur et de poumons et les petits le plus;

2° Le régime intervient.

Strohl [88], de son côté, a constaté que les chiffres qu'il a trouvés chez les Lagopèdes varient suivant l'altitude.

Les chiffres ainsi obtenus montrent d'abord nettement une augmentation de la masse totale du cœur chez l'espèce habitant les hautes Alpes. En effet le poids relatif du cœur est *en moyenne* de 11,08 pour 1000 dans la plaine, 16,30 pour 1000 dans les hautes Alpes. Il y aurait donc chez le Lagopède alpin par rapport au Lagopède des plaines une *hypertrophie fonctionnelle du cœur*.

Nous avons étudié le cœur des Oiseaux [55]. Nous estimons que le cœur s'hypertrophie plus ou moins suivant plusieurs facteurs parmi lesquels l'effort musculaire nous paraît être dominant. Or, chez les Oiseaux, le grand effort musculaire est celui des pectoraux ; il doit, par conséquent, imprimer sa variation sur celle du cœur.

Nous avons pesé les muscles pectoraux de 200 Oiseaux répartis en 75 espèces et tués dans la nature. Nous avons de même pesé le cœur privé complètement de sang. Les chiffres trouvés ont été rapportés au kilogramme d'animal afin d'avoir des résultats comparables. Voici les moyennes obtenues suivant les différents groupes :

| | Poids total. gr. | Muscles pectoraux par kilogr. | Cœur par kilogr. |
|---|---|---|---|
| Rapaces nocturnes..... | 255,70 | 105,2 | 7,3 |
| Rapaces diurnes..... | 422 | 118,3 | 8,5 |
| Palmipèdes marins..... | 913,70 | 134,7 | 9,8 |
| Corvidés..... | 253,60 | 135,4 | 10,3 |
| Passereaux..... | 44,3 | 182,6 | 12,5 |
| Canards..... | 729,4 | 195,4 | 12 |
| Petits Échassiers..... | 274,5 | 230,6 | 14,9 |
| Gallinacés et Colombins.... | 502,1 | 263,7 | 13,4 |

Il ressort de l'examen de ce Tableau que le poids du cœur est directement en rapport avec le poids des muscles pectoraux. Les Rapaces, les piscivores, les Corvidés, qui ont de petits muscles, ont un petit cœur. Les Gallinacés, les Canards, les Passereaux, qui ont de puissants muscles pectoraux, ont un cœur très hypertrophié.

Autrement dit, les planeurs, qui possèdent une grande surface portante, n'ont pas besoin, pour se soutenir dans l'air, de produire d'efforts sensibles. Leurs muscles pectoraux sont peu développés et ne leur permettent que des battements rares et peu fréquents. Dans ces conditions, l'effort étant petit, le cœur reste petit.

Par contre, les rameurs, que leur petite surface alaire n'autorise pas à se soutenir dans l'air, sont obligés pour se maintenir d'avoir recours au vol ramé. Ils battent des ailes d'une façon plus ou moins rapide et fournissent un effort musculaire violent. Les muscles pectoraux sont alors très puissants, l'effort pouvant être de longue durée, Aussi, leur cœur est-il très développé.

Grober [21] avait entrevu ce résultat lorsqu'il avait remarqué que le poids relatif du cœur était plus grand chez le Canard sauvage que chez le Canard domestique qui ne vole pas.

Nous ajouterons les chiffres suivant obtenus avec les Oiseaux qui ne volent plus ou rarement [61].

| Espèces. | Poids total. | Poids du cœur. | Poids du cœur par kilogr. |
|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. |
| Tinamou (*Rynchotus rufescens* Temm.)... | 250 | 1,68 | 6,7 |
| Gélinotte (*Tetrastes bonasia* L.)..... | 340 | 2.08 | 6,1 |
| Faisan (*Phasianus colchicus* L.)..... | 1.300 | 5,46 | 4,2 |
| Coq de bruyère (*Tetrao urogallus* L,).... | 3.100 | 23,90 | 7,7 |
| Râle de genêts (*Crex pratensis* Bechst)... | 197 | 1,54 | 7,8 |
| Grèbe (*Podiceps cristatus* L.)..... | 772 | 9,00 | 11,6 |
| Foulque (*Fulica atra* L.)..... | 430 | 4,48 | 10,4 |
| Poule d'eau (*Gallinula chloropus* L.)..... | 297 | 0,96 | 6,6 |
| Macareux (*Fratercula arctica* L.)..... | 310 | 3,26 | 10,3 |
| Puffin (*Puffinus Anglorum* Briss.)..... | 300 | 3,00 | 10,0 |
| Macreuse (*Œdemia fusca* L.)..... | 1.578 | 14,20 | 9,0 |
| Marabout (*Leptoptilus crumeniferus* Less.). | 6.000 | 37,80 | 6,3 |
| Pingouin du Cap (*Spheniscus demersus* L.). | 3.100 | 20,15 | 6,5 |
| Sarcelle d'été (*Querquedula circia* L.).... | 370 | 2,04 | 5,5 |
| Nandou (*Rhea americana* L.)..... | 13.300 | 146,30 | 11,0 |

Les planeurs, comme les Rapaces nocturnes, qui ont un

petit cœur par suite du peu d'efforts qu'ils effectuent pendant le vol, en possèdent 7,3 par kilogramme. Par contre, chez les rameurs, qui battent violemment des ailes, le poids relatif moyen du cœur atteint 13 grammes. Nous constatons que chez tous les Oiseaux que nous avons étudiés dans le tableau ci-dessus, le cœur est très petit. Or tous ces invidus ont perdu en grande partie l'habitude de voler. Ils se sont adaptés les uns à la vie terrestre, comme le Tinamou, le Râle de genêts, ou la vie aquatique, comme le Macareux ou la Sarcelle d'élevage dont nous parlons. Ces genres de vie ne nécessitant pas d'efforts musculaires intenses, le cœur reste peu volumineux. Le Nandou, cependant, possède 11 grammes de cœur par kilogramme, probablement parce qu'il est un Oiseau coureur.

Toutes ces constatations viennent à l'appui des lois biologiques que nous avions mises en évidence et qui montrent l'influence réelle de certains facteurs, comme l'effort musculaires sur le poids du cœur.

Passons à l'étude du cœur des Mammifères.

Maurel et Lagriffe [75] indiquent pour le Hérisson $11^{gr},38$ par kilogramme pour un poids moyen de $528^{gr},40$, résultat double de celui indiqué par Noé.

Chez le Lapin, d'après plusieurs auteurs, il y a comme moyenne de leurs diverses données $5^{gr},70$ par kilogramme pour un poids moyen de 1 612 grammes.

De Bœhtlingk [4] indique pour le Chat $3^{gr},81$ pour 1 kilogramme de poids brut. Noé [75] donne les chiffres suivants plus ou moins concordants avec les précédents :

| | Poids moyens. | Cœur par kilogr. |
|---|---|---|
| | — | — |
| | gr. | gr. |
| Rat blanc | 187,50 | 5,45 |
| Lapin | 1.782 | 2,54 |
| Chat | 2.505 | 3,70 |

Noé conclut que toutes ces données ne sont pas suffisantes et il pense que le cœur est en relation avec d'autres facteurs (la masse musculaire peut-être).

Nous venons de voir que les auteurs qui ont étudié les variations du poids du cœur ont donné des chiffres très discordants.

Le cœur est-il un organe en relation avec le régime alimentaire ? Nous ne le croyons pas. Il est surtout sous la dépendance d'autres facteurs, l'effort musculaire, par exemple, ou le mode de respiration.

Nous avons étudié le cœur des Mammifères classés par régime, ce qui revient à classer nos animaux d'après un genre de vie généralement assez semblable [64.68].

| | Poids total moyen. | Poids du cœur par kilogr. |
|---|---|---|
| | — | — |
| | gr. | gr |
| Herbivores | 19.937,60 | 4,6 |
| Granivores | 184,10 | 6,3 |
| Omnicarnivores | 192 | 6,8 |
| Frugivores | 684,50 | 6,9 |
| Piscivores | 5.760 | 7,1 |
| Omnivores | 97,40 | 7,3 |
| Carnivores | 546,70 | 9,8 |
| Insectivores | 7,20 | 10,4 |

Les végétariens ont peu de cœur. Les carnivores en ont beaucoup Les uns et les autres étant agiles et actifs, il se peut qu'il y ait là un rapport avec les combustions respiratoires dépendantes du régime. A ce sujet il y a peu à dire qui puisse être précis.

D'un autre côté, les herbivores, grâce aux hydrates de carbone de leur alimentation, ont un très grand rendement musculaire qui les a fait utiliser comme bêtes de somme. Leur alimentation fournit de l'énergie au travail qui se dépense à longue échéance.

Les carnivores, par contre, sont peu capables d'un travail prolongé, mais ils sont susceptibles d'un effort musculaire intense dans un temps très court. Aussi il nous semble que justement leur cœur paraît en relation avec cet effort musculaire et non avec la dépense.

Notamment pour les insectivores (Cheiroptères) qui ont le plus de cœur, on peut aussi bien l'attribuer à leur vol qui exige pour leurs muscles pectoraux des efforts considérables.

Pour les poumons, nous avons publié une série de travaux importants sur les Oiseaux.

Nous allons les résumer [59].

| Ordres | Poids moyen total. | Poids du cœur par kilogr. | Poids du poumon par kilogr |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| | gr. | gr. | gr. |
| Rapaces nocturnes..... | 276,50 | 8,4 | 7,2 |
| Rapaces diurnes..... | 450,50 | 8,8 | 9,4 |
| Grands Échassiers..... | 1.503,50 | 9,1 | 10,7 |
| Palmipèdes marins..... | 740,20 | 9,3 | 11,5 |
| Corvidés..... | 173,50 | 10,1 | 12,0 |
| Canards..... | 658,40 | 12,0 | 15,7 |
| Gallinacés et Colombins... | 821,90 | 12,4 | 12,1 |
| Petits Échassiers..... | 146,80 | 13,7 | 15,0 |
| Passereaux..... | 32,80 | 14,4 | 12,7 |

Nous retrouvons ici encore, pour des individus différents, un classement identique à celui que nous avons déjà publié pour le poid relatif du cœur.

Si l'on examine maintenant le poids des poumons, on se rend compte que d'une façon assez rigoureuse le poumon varie comme le cœur.

L'explication est facile à donner.

Pendant le vol, chez les planeurs, les muscles pectoraux font peu d'efforts, grâce à leur surface alaire suffisante. Ces Oiseaux planent avec un moteur réduit. Le cœur, étant donné le faible travail des muscles, est petit et la respiration se fait normalement. Un développement exagéré des alvéoles pulmonaires n'est pas utile ; le poumon est peu volumineux.

Par contre, chez les rameurs, les muscles effectuent des efforts violents. Leur surface portante étant trop réduite, ils sont obligés de battre des ailes de façon énergique. Le cœur a un travail considérable à effectuer ; il s'hypertrophie. Pendant ce temps, la respiration doit être intense. Le poumon augmente ses dimensions de façon que la quantité de sang à hématoser soit plus considérable dans le même temps. Le poumon est donc plus gros que chez les planeurs. Il grandit en même temps que le cœur, c'est-à-dire qu'il reste lui-même en rapport avec l'effort musculaire à effectuer.

Il y a cependant à faire remarquer que les Oiseaux qui vivent au bord des eaux, Palmipèdes, petits Échassiers, possèdent par kilogramme d'animal un poids de poumon qui semble supérieur à celui que le travail des muscles pectoraux et du cœur paraît nécessiter.

Cette constatation est intéressante. Chez les Oiseaux qui ne volent plus, comme le Nandou, et qui sont adaptés sans retour à la vie terrestre, le poumon est petit. Chez les espèces qui ont été élevées en cage, comme le Marabout, la Cigogne..., et qui ont perdu la faculté de voler, la réduction du poids des poumons est frappante et se rapproche de celle que l'on observe chez le Nandou. Enfin les Oiseaux qui vivent le plus souvent à terre et ne possèdent qu'un vol de courte durée offrent des poumons qui ne sont pas plus pesants que ceux des planeurs.

| ESPÈCES. | POIDS TOTAL. | POIDS RÉEL des poumons. | POIDS des poumons par kilogr. |
|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. |
| OISEAUX ÉLEVÉS EN CAGE ET AYANT PERDU LA FACULTÉ DE VOLER. | | | |
| Marabout (*Leptoptilus crumeniferus* Less.) | 6.500 | 39.00 | 6,0 |
| Aigrette (*Herodias alba* L.) | 1.210 | 7.65 | 6,3 |
| Cigogne (*Ciconia alba* Bechst.) | 3.570 | 25,00 | 7,0 |
| OISEAUX VIVANT A TERRE OU N'AYANT QUE DES VOLS DE PEU DE DURÉE. | | | |
| Gélinotte (*Tetrates bonasia* L.) | 340 | 2,05 | 6,0 |
| Faisan (*Phasianus colchicus* L.) | 1.300 | 7,80 | 6,0 |
| Coq de bruyère (*Tetrao urogallus* L.) | 3.100 | 27,90 | 9,0 |
| Râle de Genêts (*Crex pratensis* Bechst.) | 197 | 1,60 | 8,0 |
| Tinamou (*Rhynchotus rufescens* Temm.) | 250 | 1,65 | 6,6 |
| Oie (*Anser ferus* Schaeff) | 2.410 | 22,90 | 9,5 |
| Nandou (*Rhea americana* L.) | 13.300 | 90,45 | 6,8 |
| OISEAUX AQUATIQUES VOLANT RAREMENT ET EXCELLENTS PLONGEURS. | | | |
| Guillemot (*Uria troile* L.) | 888 | 12,45 | 14,0 |
| Pingouin (*Alca torda* L.) | 630 | 8,30 | 13,2 |
| Grèbe (*Colymbus septentrionalis* L.) | 772 | 13,30 | 17,2 |
| Grèbe castagneux (*Podicipes fluviatilis* Tunst.) | 160 | 2,72 | 17,0 |
| Macareux (*Fratercula arctica* L.); | 310 | 4,87 | 15,7 |
| Puffin (*Puffinus Anglorum* Briss.) | 300 | 4,20 | 14,0 |
| Macreuse (*Œdemia fusca* L.) | 1.200 | 19,20 | 16,0 |
| Harle (*Merganser serrator* L.) | 800 | 14,00 | 17,5 |
| Foulque (*Fulica atra* L.) | 430 | 4,25 | 9,9 |
| Poule d'eau (*Gallinula chloropus* L.) | 297 | 3,18 | 10,7 |

Chez les espèces, au contraire, qui se sont adaptées à la vie aquatique et qui, la plupart du temps, ne peuvent plus voler, comme les Macareux, le poumon est très volumineux [60].

Il semble plus développé même que chez les vrais rameurs, qui en possèdent en moyenne 15 grammes par kilogramme d'animal. Le grand volume des poumons, dans ce cas, tient à ce que ces Oiseaux sont, comme les Grèbes, d'excellents plongeurs. Le développement du tissu pulmonaire est alors en accord avec celui que nous avons constaté chez les Cétacés [67].

Dans ses études concernant le poumon, Noé [75] a trouvé pour le Hérisson :

| Poids moyens. | Poumon par kilogr. |
|---|---|
| — | — |
| gr. | gr. |
| 668,30 | 11,69 |

Maurel et Lagriffe [75] ont indiqué pour le même animal des poids des 17gr,93 pour un poids moyen de 528gr,40. Pour d'autres espèces animales, Noé a recueilli les données rassemblées dans le tableau suivant :

| | Poids moyens. | Poumon par kilogr. |
|---|---|---|
| | — | — |
| | gr. | gr. |
| Souris blanche | 15,50 | 9,40 |
| Rat blanc | 187,50 | 12,94 |
| Lapin | 1.992 | 6,72 |
| Chat | 2.505 | 7,90 |
| Chien | 17.940 | 7,80 |

Maurel et Lagriffe donnent pour le Lapin 7gr,57 pour un poids moyen de 1 592 grammes et Baylac 8 grammes pour un poids moyen de 1 891 grammes. Chez le Chat, de Bœthlingk [4] trouve 7gr,31 par kilogramme de poids brut. Noé fait remarquer que, contrairement à ce que l'on aurait pu penser, le poids des poumons ne suit pas la même courbe que le poids du foie qui préside aux échanges chimiques et à la radiation calorique. Il pense qu'il existe plutôt une corrélation avec les organes hématopoiétiques. Il fait remarquer ensuite qu'il n'y a pas grande différence de poumon par kilogramme suivant la différence de taille des animaux, quoique cependant pour la Souris et le Rat il trouve environ 10 grammes et 7 à 8 grammes pour le Lapin et le Chien. Il ajoute de plus qu'il lui semble que le poumon est un peu plus plus élevé chez le carnivore que chez l'herbivore, mais ces différences lui

paraissent si peu appréciables qu'à son avis l'on ne doit pas en tenir compte. Il nous est difficile de comparer ces résultats avec les nôtres, les nombres donnés ne sont pas concordants et sont trop restreints. Malgré cela, tous les auteurs précédents trouvent pour le Hérisson, insectivore, des nombres compris entre 10 et 17 grammes de poumon par kilogramme, tandis que les herbivores et carnivores n'en ont que 7 grammes environ. Cette constatation, qui concorde avec nos résultats, est intéressante à faire [65.68].

Chez les Mammifères nous avons trouvé les poids suivants de poumons :

| | Poids total moyen. | Poids des poumons par kilogr. |
|---|---|---|
| | — | — |
| | gr. | gr. |
| Herbivores | 19.937,60 | 7,1 |
| Omnivores | 99,10 | 10,8 |
| Granivores | 188,70 | 10,9 |
| Piscivores | 5.760 | 11,2 |
| Frugivores | 684,50 | 11,4 |
| Carnivores | 546,70 | 13,2 |
| Insectivores | 7,20 | 13,5 |
| Omnicarnivores | 192 | 14,2 |

Le classement ressemble à celui du cœur. Ce fait se comprend, car le fonctionnement du poumon est certainement en partie lié à celui du cœur. Seuls les omnicarnivores se trouvent très décalés. Ils possèdent le plus de poumon : c'est parce qu'ils respirent mal, menant souvent la vie souterraine. Il intervient là un phénomène nouveau.

## RECHERCHES SUR LA RATE

Il nous reste à étudier la rate. Résumons dans le tableau suivant les résultats obtenus par nous [66.68].

| | Poids total moyen. | Poids de la rate par kilogr. |
|---|---|---|
| | — | — |
| | gr. | gr. |
| Granivores | 177,20 | 1,4 |
| Herbivores | 21.767,10 | 2,1 |
| Frugivores | 709 | 2,7 |
| Carnivores | 546,70 | 2,8 |
| Piscivores | 5.760 | 3,8 |
| Omnivores | 99,20 | 4,3 |
| Omnicarnivores | 195,40 | 5,6 |
| Insectivores | 7,50 | 6,2 |

Nous trouvons là une véritable classification ordonnée en raison du régime. Nous constatons que les végétariens possèdent le moins de rate, tandis que les individus à régime carné quel qu'il soit en offrent le plus.

Il y aurait des recherches intéressantes à poursuivre sur le sang des Mammifères. Y a-t-il une relation entre la quantité des globules sanguins et le régime alimentaire ? *A priori*, cela semble possible, puisque la rate est la grande pourvoyeuse de l'organisme en globules rouges.

Richet [82], qui a, comme pour le foie, étudié la variation en poids de la rate, est arrivé aux conclusions suivantes :

1° La rate est très sensiblement, chez les divers Mammifères proportionnelle au poids du corps, soit en moyenne 2 grammes par kilogramme, avec un maximum chez l'Homme (3gr,8) et un minimum chez le Lapin (0gr,54).

2° Par conséquent le poids de la rate par unité de surface va en augmentant à mesure que le poids de l'animal est plus fort.

Voici les chiffres qu'a utilisés Richet :

| | | RATE | |
|---|---|---|---|
| | Poids. | par kilogr. | par unité de surface. |
| | — | — | — |
| | gr. | gr. | gr. |
| Souris | 6 | 4,1 | 0,07 |
| Rat | 260 | 3,15 | 0,19 |
| Cobaye | 460 | 1,40 | 0,09 |
| Lapin | 1.430 | 0,54 | 0,05 |
| Chat | 2.670 | 1,88 | 0,23 |
| Chien | 16.000 | 2,72 | 0,62 |
| Homme | 41.000 | 3,80 | 1,15 |
| Mouton | 72.000 | 1,60 | 0,60 |
| Porc | 110.000 | 1,30 | 0,56 |
| Bœuf | 525.000 | 1,70 | 1,22 |

Il est aisé de se rendre compte que ces chiffres concordent avec les nôtres et que notre conclusion découle du plus grand nombre d'animaux examinés.

## RECHERCHES SUR LE PANCRÉAS

Le pancréas des Oiseaux a été peu étudié par les anatomistes.

Tiedemann [90], dit que le pancréas est plus gros chez les Oiseaux végétariens que chez les carnivores.

Blumenbach trouve de son côté qu'il est plus volumineux chez les oiseaux de proie.

De notre côté nous avons obtenu les résultats suivants [33.36] :

| | Poids total moyen. | Poids du pancréas. par kilogr. d'animal. | Poids du foie par kilogr. d'animal. |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| | gr. | gr. | gr. |
| Carnivores | 1.382,40 | 0,98 | 17,50 |
| Granivores | 506 | 1,20 | 20,60 |
| Omnicarnivores | 1.707,40 | 1,44 | 20,10 |
| Carnivores et insectivores | 374,60 | 2,10 | 27 |
| Frugivores | 152,30 | 2,20 | 22,20 |
| Omnivores (palmipèdes), | 2.207,20 | 2,50 | 27 |
| Granivores et insectivores | 39,60 | 2,80 | 29 |
| Testacivores | 204,70 | 3,20 | 35,10 |
| Omnivores (Corvidés) | 214,70 | 3,50 | 29,10 |
| Piscivores | 896,60 | 4 | 36,20 |
| Insectivores indigènes | 32,50 | 4,20 | 36 |

Ces données nous montrent qu'au régime carné correspond la quantité moindre de pancréas, alors que chez les insectivores et les piscivores, le pancréas atteint son plus grand développement. Les granivores ont un peu plus de pancréas que les carnivores ; par contre les frugivores en ont plus que les granivores. Les Oiseaux à régime mixte occupent une situation intermédiaire. De plus la variation de pancréas suit celle du foie.

## RECHERCHES SUR LE SANG

Après de Lariboisière [81], nous avons effectué les recherches suivantes sur la quantité totale de sang chez les oiseaux [53].

| ORDRES. | RÉGIMES. | POIDS moyen du corps. | QUANTITÉ totale du sang par kilogr. |
|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. |
| Gallinacés, Colombins. | Granivores | 198,0 | 39,0 |
| Rapaces diurnes | Carnivores | 468,2 | 50,0 |
| Passereaux | Granivores-insectivores. | 32,8 | 50,5 |
| Rapaces nocturnes | Carnivores-insectivores. | 294,5 | 58,0 |
| Passereaux | Insectivores | 34,0 | 58,0 |
| Palmipèdes marins | Piscivores | 531,8 | 75,5 |
| Petits Échassiers | Testacivores | 156,0 | 79,0 |
| Canards | Omnivores | 585,0 | 86,1 |

Maintenant comment peut-on expliquer les différences de poids relatif de sang selon les différents groupes ?

Chacun des groupes étudiés est formé d'individus se nourrissant tous sensiblement de la même façon. Je ne sais jusqu'à quel point on peut rendre le régime alimentaire responsable des différences que nous avons signalées. En tout cas nous devons remarquer que les Oiseaux qui ont le plus de sang vivent aux approches de l'eau, souvent dans les contrées froides, et que beaucoup d'entre eux sont d'excellents plongeurs.

## RECHERCHES SUR LA PLUME DES OISEAUX

Le poids du plumage chez les Oiseaux a fait l'objet de peu d'études. Nos recherches ont porté sur 128 individus répartis en 55 espèces d'Oiseaux volateurs [44]. Nous avons laissé de côté à dessein les individus qui ne volent pas, comme les Macareux (*Fratercula arctica* L.), par exemple. Tous les Oiseaux que nous avons considérés ont été tués dans la nature. L'animal était pesé aussitôt après sa mort, plumé, puis repesé. La différence de poids ainsi obtenue indique le poids exact de plumes. Ces divers poids ont été rapportés au kilogramme d'animal. Nous considérerons la moyenne de la quantité relative de plumes suivant les différents ordres d'Oiseaux, pour chacun desquels, d'ailleurs, les individus qui le constituent possèdent le même régime et le même genre de vol.

| NOMBRE d'oiseaux. | ORDRES. | RÉGIMES. | POIDS moyen. | QUANTITÉ relative de plumes. |
|---|---|---|---|---|
| | | | gr. | gr. |
| 13 | Rapaces nocturnes..... | Carnivores-insectivores.. | 235,8 | 136,8 |
| 19 | Palmipèdes marins..... | Piscivores..... | 876,7 | 129,3 |
| 10 | Rapaces diurnes..... | Carnivores..... | 467,7 | 116,6 |
| 13 | Corbeaux..... | Omnivores..... | 265,9 | 107,7 |
| 8 | Passereaux..... | Invectivores-granivores. | 51,1 | 106,1 |
| 9 | Passereaux..... | Insectivores..... | 52,2 | 100,9 |
| 3 | Grands Echassiers..... | Omnicarnivores..... | 1.517,6 | 91,7 |
| 25 | Petits Echassiers..... | Testacivores..... | 253,6 | 86,1 |
| 17 | Gallinacés, Colombins... | Granivores..... | 320,4 | 77,6 |
| 11 | Palmipèdes d'eau douce. | Omnivores..... | 669,1 | 71,5 |

De Lariboisière, qui a fait des recherches à ce sujet et dont

les études ont porté sur tous les Oiseaux indistinctement, a donné des résultats comparables aux nôtres [81]. Il pensait qu'il fallait tenir compte, dans l'interprétation des faits, de l'adaptation au vol, au moins dans ce qu'elle a de massif.

Nos résultats viennent montrer que, d'une façon générale, le classement obtenu, en considérant le poids des plumes, est comparable à celui auquel on arrive en étudiant la surface alaire relative chez les mêmes Oiseaux.

Nous ajouterons qu'il faut voir une relation entre la quantité de plumes et le régime alimentaire. La plume est en effet une excrétion ; elle est formée en grande partie de kératine, substance très riche en azote, qui caractérise par conséquent une excrétion consécutive à l'assimilation des albuminoïdes. Il est donc naturel de penser que cette substance doit exister en plus grande quantité chez les Oiseaux à régime carné que chez les végétariens. C'est ce que l'observation nous démontre.

## EXPÉRIMENTATION

De telles données étaient faites pour engager les expérimentateurs à essayer sur un animal à régime connu l'action modificatrice d'un autre régime.

Hunter nourrit un Goéland (*Larus tridactylus*) avec des graines; il constate que la « peau » de l'estomac originairement molle se durcit et prend l'aspect corné des gésiers de granivores.

Edmonstone avait remarqué que la nature modifie elle-même tous les ans, aux îles de Shetland, le gésier de ces Goélands qui se nourrissent en été de légumes et en hiver de poissons.

Ménétrié mentionne les mêmes modifications chez un Effraie (*Strix grallaria*).

Brandes [6.7] s'est violemment élevé contre toutes ces assertions. D'après Milne-Edwards, dit-il, Hunter a obtenu chez un Goéland et un Faucon l'épaississement des muscles du gésier par le régime granivore, Brandes ne croit pas que ces travaux soient de Hunter.

Il dit de même avoir trouvé trace des observations de Edmonstone dans Macgillivray où il est affirmé qu'un gésier

de Goéland (*Larus argentatus*) s'est transformé par le régime en un gésier de Poule.

De même Brandes a trouvé l'observation de Ménétrié dans Brehm qui, au Brésil, fut obligé de nourrir un *Strix grallaria* avec des haricots et vit son gésier devenir comme celui d'un granivore.

Holmgren [23.24], une première fois, avait nourri des Pigeons avec de la fibrine. Il prétendait qu'après six à huit jours de ce régime, le gésier perd de son épaisseur et de sa dureté. Holmgren a ajouté d'ailleurs que cela est peut-être consécutif à l'ingestion de fibrine, nourriture qui fait maigrir.

Une deuxième fois, il a nourri six Pigeons avec de la viande ; il remarque que le bec se courbe. Au bout de deux ans un de ces animaux a montré une section de ses muscles du gésier moindre que celle de ses congénères. Brandes dit que ce résultat est la conséquence d'un accident, car Holmgren n'a jamais rien publié sur les cinq autres sujets en expérience.

Brandes, d'ailleurs, a lui-même fait des expériences sur ce sujet. Il a trouvé qu'un Pigeon nourri de viande pendant sept mois ne présente aucune modification de son gésier. Par contre Delage atteste que sur une Poule ainsi nourrie la section est nettement moindre que chez les granivores.

Weiss [91], de son côté, a nourri deux Canards avec du blé et du maïs et deux autres avec de la viande de cheval. Il constate chez ces derniers un grand développement du ventricule.

Houssay [26] a étudié les modifications organiques qu'il a pu obtenir pendant six générations sur des Poules devenues carnivores. Il a observé que l'intestin diminuait à peine de quelques centimètres, ce qui est insignifiant ; par contre les cæcums, le jabot, le gésier présentaient des réductions relativement considérables.

Schepelmann [86] de son côté a étudié l'action des aliments sur les organes de l'Oie. Il n'a utilisé que six Oiseaux en tout, qu'il a nourris, deux avec une bouillie contenant jusqu'à 87 p. 100 de viande de cheval, deux avec une bouillie de seigle, froment, maïs, et deux avec des graines non broyées. L'expérience a duré huit mois. L'intestin des Oies carnivores s'est, dit Schepelmann, allongé ; son diamètre a augmenté. Celui des Oies

nourries aux grains est resté plus court avec un diamètre plus petit.

Schelpelmann croit que ces résultats sont la conséquence du fait que les Oies carnivores ont continué à absorber beaucoup de nourriture et que c'est cet excès qui a agrandi la surface intestinale.

Pour les Mammifères comme pour les Oiseaux, les biologistes ont appelé l'expérience pour confirmer les hypothèses émises.

Roudkoff [85] nourrit des Chiens issus de 2 familles avec 4 sortes de bouillie :

Viande,

Lait,

Régime mixte,

Végétaux (pain, riz, pommes de terre).

Il en conclut que l'intestin reste plus court chez les carnivores; puis viennent dans l'ordre les mangeurs de lait, d'aliments mixtes et les végétariens. L'estomac est à parois plus épaisses chez les Chiens carnivores et végétariens et minces chez ceux qui se nourrissent de lait, aliment qui ne provoquerait pas de contractions musculaires.

Le reproche que lui fait Revilliod d'utiliser des animaux carnivores digérant mieux les aliments carnés n'est pas fondé, car les Chiens sont omnivores et non carnivores.

Revilliod [80] a étudié l'influence de l'alimentation sur des Rats blancs qu'il a soumis à 3 régimes :

*Lait*,

*Cheval* cru ou ébouillanté quand il n'est pas frais,

*Légumes*, graines, carottes... etc.

Son régime carné est critiquable, car la viande non fraîche constitue probablement un régime à part.

Il constate que la surface et la capacité du tube digestif sont diminués chez les Rats nourris au lait et que ce sont les Rats carnivores qui ont présenté le plus d'intestin.

L'étude bibliographique que nous venons de faire nous montre l'incertitude où flotte encore le sujet, ce qui appellait de nouvelles recherches.

Nous pouvons donc conclure de cette revue bibliographique

que, en ce qui concerne les modifications des organes sous l'influence d'un changement de nourriture, les avis sont partagés et appellent de nombreuses confirmations expérimentales.

Nous ajouterons ici le résumé de recherches que nous avons effectuées sur le Balbuzard et qui ont la valeur d'une expérience [45].

Nous nous sommes procuré en Tunisie un Balbuzard fluviatile (*Pandion haliaetus* Cuv.). Cet Oiseau, que ses caractères morphologiques externes font classer parmi les Rapaces diurnes, se nourrit, comme les Grands Échassiers, et en particulier comme les Hérons, de toutes sortes de proies vivantes, Poissons en grande abondance, Rats d'eau.

Il était intéressant de se rendre compte si ce régime nouveau modifierait les caractères de morphologie interne. Voici les résultats de nos recherches organométriques. Nous mettons à côté les données que nous avons déjà publiées sur les Carnivores et les Grands Échassiers (Hérons) [36].

| DÉSIGNATION. | | FAUCON GERFAUT (*Hierofalco gyrfalco* L.). Carnivore, Rapace diurne. | BALBUZARD (*Pandion haliaetus* Cuv.), Omnicarnivore, Rapace diurne. | HÉRON BLEU (*Ardea cinerea* L.). Omnicarnivore. Grand Échassier. |
|---|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. | gr. |
| Poids du corps..... | | 845,0 | 1.105,0 | 1.670,0 |
| Poids relatif | du foie..... | 22,7 | 18,5 | 23,6 |
| | des reins..... | 6,6 | 6,7 | 7,4 |
| | du cœur..... | 9,5 | 9,3 | 8,0 |
| | des poumons.... | 6,6 | 12,6 | 10,1 |
| | du pancréas..... | 1,0 | 0,9 | 1,7 |
| | du ventricule succenturié..... | 2,5 | 4,3 | 5,7 |
| | du gésier..... | 4,5 | 2,2 | 4,1 |
| Longueur relative | de l'intestin..... | 11,4 | 23,4 | 21,6 |
| | des deux cæcums. | 0,0 | 0,1 | 0,1 |
| Surface relative | de l'intestin..... | 1,4 | 1,3 | 2,0 |
| | du ventricule succenturié..... | 9,3 | 14,4 | 13,3 |

On se rend compte de suite que le Balbuzard offre des rapports biométriques analogues à ceux du Héron pour tous les organes que le changement de régime intéresse. Alors que les Carnivores ont un intestin assez court, le Balbuzard, comme le Héron, possède un intestin très long. Son ventricule succenturié est très gros, moins cependant que celui des Hérons ; cette différence

tient à ce que le Balbuzard déchiquette en partie ses proies et les avale plus rarement en entier. Son ventricule succenturié et son gésier rappellent par leur forme et leur surface l'estomac des Hérons. Ce ventricule est long et large ; le gésier est minuscule et strié intérieurement comme celui des Hérons. La surface intestinale du Balbuzard est celle des Oiseaux qui se nourrissent de chair. Pour les organes tels que le foie, les reins, etc., il y a peu de choses à faire remarquer, les carnivores et les omnicarnivores en ayant généralement la même quantité.

Cette nouvelle constatation vient donc confirmer dans le détail l'influence générale du régime alimentaire sur l'organisme animal.

# VARIATIONS

## CAUSEES PAR DIVERS CHANGEMENTS DE RÉGIME

### SUR DES CANARDS APPARTENANT A UNE MÊME COUVÉE

---

## CHAPITRE PREMIER

### LA RATION ALIMENTAIRE

Mes recherches, qui ont porté sur un grand nombre d'animaux, ont montré de façon indiscutable que l'action du régime alimentaire s'effectuait de façon identique sur les organes des Mammifères et des Oiseaux, en ce qui concerne le tube digestif particulièrement. Pour le foie et les reins, les conclusions restent les mêmes et il n'y a guère à citer que quelques petites différences, dues probablement à la diversité d'origine des Mammifères, et à leurs genres de vie très variés.

Enfin, nous avons montré que le cœur et les poumons étaient liés à l'effort musculaire, dans les deux classes de Vertébrés.

Tous ces résultats étaient tellement caractéristiques, que je me décidai rapidement à tenter de reproduire dans le laboratoire les modifications que peut apporter un changement de régime. Et j'espérais, en opérant méthodiquement, éviter les erreurs de mes prédécesseurs qui avaient expérimenté avant de savoir quel résultat ils devaient tenter d'obtenir.

Il fallait d'abord choisir la classe de Vertébrés sur laquelle je devais opérer. Ce choix fut vite fait. Je résolus d'adapter à divers régimes des Oiseaux, de préférence à des Mammifères, car les Oiseaux forment un groupe tellement homogène que les différences de morphologie externe et interne que l'on constate à première vue semblent avoir été introduites uniquement par le régime alimentaire. Les ordres, en effet, ne sont presque fondés que sur des différences susceptibles d'être expliquées par les genres de vie actuels.

Il me restait à chercher l'espèce sur laquelle j'allais faire

porter mes observations. De suite, il me vint à l'esprit de m'adresser à des omnivores qui, étant donnée leur nourriture habituelle, s'adapteraient mieux à une nourriture quelconque, sans craindre les modifications brusques de santé qui suivent généralement un changement de régime aussi complet. Les

ig. 1. — Cages dans lesquelles ont été élevés les Canards mis en expérience.

Canards me semblèrent alors tout indiqués, et je me félicitai, par la suite, de ma décision.

Une autre condition me semblait indispensable à réaliser : commencer l'expérience sur des jeunes. La plupart des auteurs avouent avoir adapté à un régime donné, des animaux adultes. C'est probablement là la raison des résultats si divers publiés par eux. Alors que l'individu est jeune, il est susceptible de subir les modifications qu'un régime peut amener. Mais, dès qu'il est adulte, les caractères qu'il a acquis dans sa jeunesse sont presque impossibles à effacer.

Il me fallut ensuite penser aux régimes à essayer. De suite, en regardant la liste des aliments que j'avais dressée [40], je ne trouvai guère que quatre régimes simples : insectivores, piscivores, carnivores, végétariens.

Les autres ne sont que des régimes mixtes, mitigés de l'un ou de l'autre des quatre régimes ci-dessus.

Or, pour ces quatre régimes, j'avais constaté, en étudiant des Oiseaux tués dans la nature, et dont le contenu stomacal

m'avait indiqué l'alimentation habituelle, les faits suivants que je résume ici rapidement, en les synthétisant dans les lois suivantes :

1° Dans les régimes dits carnivores. il y a lieu de distinguer. La viande, les poissons, les mollusques, les insectes constituent autant de régimes différents avec chacun une action propre.

2° Les granivores, les herbivores ont un intestin très long ; les piscivores et les carnivores ont un intestin sensiblement moins long. Aux insectivores revient l'intestin le plus court.

3° Les granivores et les herbivores ont la plus grande surface intestinale ; les carnivores et les insectivores possèdent la plus petite.

4° Les granivores et les herbivores présentent de grands cæcums, les carnivores et les insectivores, de petits.

5° Le gros intestin varie dans le même sens que les cæcums.

6° C'est à l'alimentation piscivore et à l'alimentation insectivore qu'appartient la plus grande quantité de pancréas et aux régimes carné et végétarien qu'en échoit la plus petite.

7° Le pancréas et le foie subissent les mêmes variations sous l'action des différents régimes.

8° Les Oiseaux qui se nourrissent de grosses proies ont un gros ventricule et un petit gésier. Inversement, les Oiseaux qui vivent de petites proies ou de végétaux ont un petit ventricule et un gros gésier.

9° Aux végétariens et aux carnivores revient la plus petite quantité de foie ; aux insectivores et aux piscivores appartient le plus gros foie.

10° Les variations de poids de glycogène ne peuvent pas expliquer les différences constatées pour le foie.

11° Les reins varient en poids comme le foie, montrant la relation intime qui existe entre ces deux organes.

12° Le cœur est en relation directe avec l'effort à produire dans un temps court et non avec la dépense musculaire.

13° Les poumons sont en relation avec le travail du cœur ou l'adaptation à la vie aquatique.

14° Le rapport du poids du foie à la surface du corps tel qu'il est effectué ne peut présenter aucun intérêt.

Par ces études, nous avons posé un problème. Nous allons essayer de montrer que ce problème présente une certaine généralité.

J'ai commencé par acheter une certaine quantité de jeunes Canards fraîchement éclos et provenant de la même couvée. Je les rapportai de suite au laboratoire de zoologie de l'École Normale supérieure, dirigé par M. le Professeur Houssay et dans lequel j'ai poursuivi mes recherches. Comme ces Oiseaux semblaient en bon état, je les mis de suite en étude, afin de voir comment je devais m'y prendre pour mener à bien mes expériences. Je les adaptai à divers aliments, cherchant celui qui serait le plus facile à réaliser dans chacun des quatres régimes que j'avais adoptés.

Pendant quinze jours, j'eus des déboires. Mes animaux mouraient assez rapidement. Loin de désespérer, je tentai de nouveaux essais, surtout pour les végétariens et les insectivores, et enfin, le 8 mai 1911, je commençai avec vingt jeunes Canards tout frais éclos, cinq par régime. Je choisis des Canards de Rouen provenant d'une même couvée, et je les adaptai aux régimes suivants : insectes, poissons, viande, végétaux.

Je les mis d'abord pendant une quinzaine de jours dans un clapier composé de quatre cabanes, une pour chaque régime. Dans chacune il y avait un zinc recouvert d'une bonne couche de sable. Dans un coin se trouvait une terrine avec de l'eau. Dans un autre je plaçai une assiette avec la nourriture appropriée. Mais je m'aperçus que ce clapier était légèrement humide, et je transférai mes Canards dans de vastes cages au milieu d'un jardin de l'École.

Il y avait quatre cages accolées, de 1 mètre de large sur 2 de profondeur et autant de hauteur. Formées de montants de bois, elles étaient entourées de grillage très fin et couvertes de chaume (fig. 1).

Le sol était recouvert de sable et une grande cuvette servait de petit bassin.

Dès le début de l'expérience, les jeunes Canards ont été mis à leur régime, sans Cane conductrice.

Les Canards insectivores ont été nourris la plupart du temps avec des larves de mouches. L'hiver, nous leur

avons donné des larves de chironomes pendant trois mois.

Les carnivores étaient nourris avec de la viande de bœuf.

Aux piscivores nous avons donné des poissons d'eau douce entiers. Aux jeunes nous avons donné de petits alevins.

Enfin les végétariens se nourrissaient d'une pâtée faite de farine de maïs, de pain trempé, de feuilles de choux et de salade hachées, de pommes de terre cuites et écrasées.

La nourriture leur était apportée deux fois par jour, matin et soir. Les assiettes étaient lavées chaque fois et, une fois par semaine, le terrain des cages était remué et nettoyé. Une nouvelle couche de sable était ajoutée.

Nous ferons remarquer de suite que les insectivores, très friands de larves, étaient très gloutons et vidaient leur plat assez rapidement.

Les piscivores agissaient de même et se conduisaient, à cet égard, comme les Oiseaux marins, montrant comme eux une poche sus-sternale gonflée, aussitôt après le repas.

Les carnivores mangeaient plus lentement, mais cependant, une heure au plus après le dépôt de leur assiette, la viande avait disparu.

Par contre, les végétariens mangeaient peu à la fois et longtemps.

Cependant de nombreux accidents et incidents se produisirent.

Au bout de 3 à 4 semaines, il y eut de nombreuse morts. Celles-ci paraissent tenir aux difficultés générales d'élevage de jeunes Canards sans mère et le régime n'y semble jouer aucun rôle net comme le montre le Tableau suivant :

| | Jours vécus. | | |
|---|---|---|---|
| Piscivores | 39 | 34 | 47 |
| Carnivores | 30 | 42 | |
| Insectivores | 31 | 39 | 41 |
| Végétariens | 38 | 48 | 48 |

Au bout de 7 semaines, il ne nous restait plus que 9 Canards ; nous avons pu, pendant 1 an, en conserver 6.

Quelques états pathologiques graves se manifestèrent chez les 9 individus qui vécurent plus de 7 semaines. Particulièrement, au cours de cette expérience, je pus étudier des attaques d'ar-

thrites chez les deux insectivores. Ces attaques furent caractérisées par un gonflement des articulations qui les forçaient à se tenir accroupis sur les jarrets. Cette arthrite semblait très douloureuse. Il y avait anorexie complète avec amaigrissement. Peu à peu les pieds étaient atteints de paralysie. Je tentais de les sauver ; l'état paraissait grave. Je supprimais toute nourriture et ne leur laissais que de l'eau. Le troisième jour de l'attaque, la femelle mourait au bout de quatre-vingt-huit jours de vie. Le mâle se remit peu à peu. Après deux jours de diète hydrique, je lui donnai une pâtée au lait très légère. Au bout de huit jours, il reprit peu à peu sa nourriture habituelle et ne montra plus le moindre malaise ensuite.

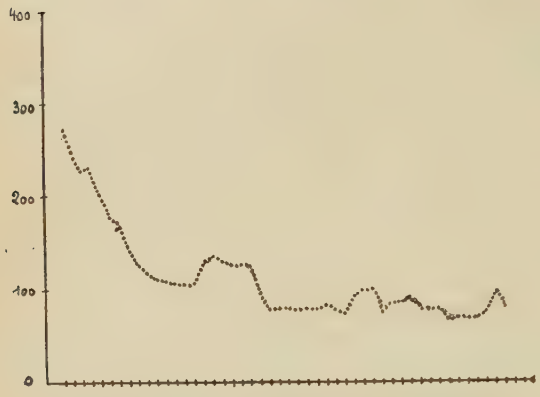

Fig. 2. — Courbe du poids relatif de ration chez les Canards carnivores.

Alors que les végétariens et les piscivores vécurent sans incidents, il n'en fut pas de même des carnivores. Ils montrèrent au début de l'hiver une diarrhée aqueuse, verte, tenace, qui les déprima rapidement. Traités comme les insectivores, ils guérirent en une dizaine de jours. L'un d'eux eut une rechute et mourut le cent vingt-cinquième jour de sa vie.

Si l'aliment est intéressant par lui-même, son poids l'est aussi. La quantité absorbée par jour, ou mieux la ration, constitue un des éléments les plus importants à recueillir dans une expérience sur l'alimentation et son influence.

Or, généralement, la ration d'entretien, c'est-à-dire celle qui permet à un animal adulte de garder son poids, est seule étudiée. Elle a sa valeur, mais celle qui sert à la croissance est autrement plus intéressante, car il intervient dans ce cas autre chose qu'une simple question de thermogenèse.

Or, quand on donne un régime à un animal, il convient de

connaître le poids d'aliment absorbé quotidiennement. De plus il faut se rendre compte si l'individu se suralimente ou s'il règle lui-même sa nourriture. Les auteurs sont à ce sujet d'avis très différents. Cependant, chez les Oiseaux, et en tous cas chez les Canards, il me semble que, rapidement, il y a une sorte de réglage qui fait que ces Oiseaux ne se suralimentent pas.

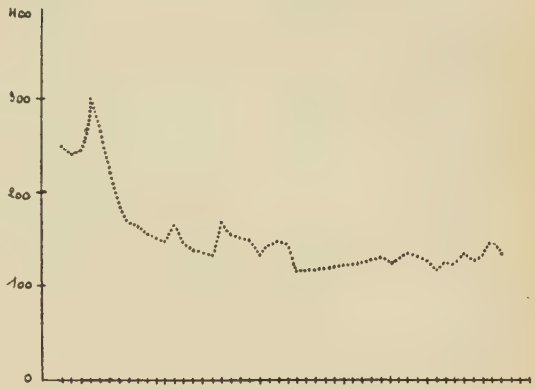


Fig. 3. — Courbe du poids relatif de ration chez les Canards insectivores.

Pour connaître la quantité d'aliments qui semblait leur convenir, j'ai opéré ainsi. Je mettais dans l'assiette un poids donné d'aliment et je regardais la façon dont il était englouti, car c'est le mot qu'il faut employer avec les Canards. Quand il en restait un peu dans l'assiette, je diminuais légèrement la ration. Quand, au contraire, le plat était vidé trop rapidement, j'augmentais la quantité. J'arrivais ainsi à leur fournir une ration de croissance physiologiquement calculée.

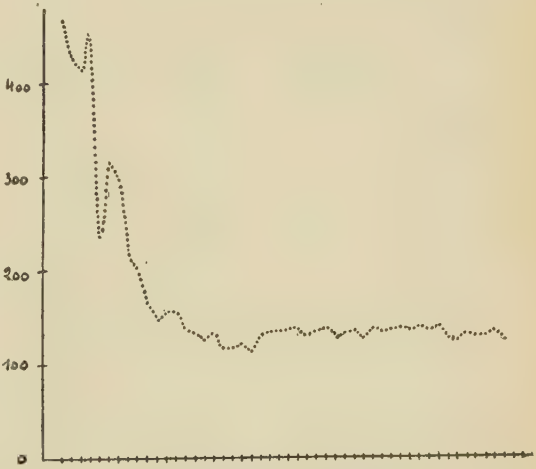


Fig. 4. — Courbe du poids relatif de ration chez les Canards végétariens.

Je notais tous les jours le poids exact d'aliments donné. Comme mes Canards étaient élevés sans Cane conductrice, il représen-

tait la vraie ration de croissance, puis d'entretien. Mais ces divers poids ne possédaient que peu d'intérêt par eux-même, étant donné qu'au bout d'un certain temps, le nombre des individus avait changé en même temps que leur poids. Aussi y a-t-il lieu de considérer non pas le poids vrai d'aliment, mais le poids absorbé pour un kilogramme d'animal. De cette façon nous pourrons faire des comparaisons utiles. Il nous suffit de diviser le poids R de la ration par le poids P de l'animal, ou mieux des animaux à même régime, puisqu'il était impossible de démêler ce que l'un avait pris de plus que l'autre dans une même cage.

Nous donnons ici quelques uns de ces rapports $\frac{R}{P}$, en faisant remarquer que plus ils sont petits et meilleure naturellement est la ration.

| | Rapport du poids de ration quotidien au poids du corps. | | | |
|---|---|---|---|---|
| Semaines. | Piscivores. | Végétariens. | Insectivores. | Carnivores. |
| | — | — | — | — |
| 1re (27 mai 1911). | 375 | 468 | 251 | 271 |
| 2e | 346 | 423 | 241 | 244 |
| 3e | 416 | 414 | 243 | 231 |
| 4e | 375 | 453 | 302 | 235 |
| 5e | 452 | 235 | 266 | 200 |
| 6e | 328 | 319 | 229 | 174 |
| 7e | 268 | 291 | 187 | 169 |
| 8e | 231 | 215 | 169 | 144 |
| 9e | 201 | 201 | 163 | 124 |
| 10e | 206 | 162 | 158 | 113 |
| 11e | 218 | 148 | 153 | 110 |
| 12e | 210 | 158 | 149 | 106 |
| 13e | 213 | 154 | 166 | 104 |
| 14e | 208 | 138 | 146 | 104 |
| 15e | 181 | 133 | 138 | 106 |
| 16e | 188 | 122 | 135 | 131 |
| 17e | 210 | 133 | 132 | 134 |
| 18e | 216 | 116 | 167 | 132 |
| 19e | 210 | 116 | 158 | 127 |
| 20e | 201 | 120 | 156 | 126 |
| 21e | 189 | 113 | 148 | 123 |
| 22e | 212 | 132 | 129 | 93 |
| 23e | 183 | 133 | 144 | 74 |
| 24e | 163 | 133 | 147 | 76 |
| 25e | 147 | 138 | 145 | 76 |
| 26e | 124 | 134 | 117 | 75 |
| 27e | 133 | 130 | 117 | 77 |
| 28e | 129 | 134 | 118 | 77 |
| 29e | 160 | 137 | 119 | 80 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 30e..... | 122 | 126 | 120 | 76 |
| 31e..... | 125 | 130 | 121 | 71 |
| 32e..... | 123 | 131 | 122 | 89 |
| 33e..... | 117 | 127 | 125 | 97 |
| 34e..... | 132 | 138 | 129 | 98 |
| 35e..... | 133 | 130 | 132 | 72 |
| 36e..... | 136 | 134 | 125 | 81 |
| 37e..... | 134 | 134 | 129 | 83 |
| 38e..... | 133 | 132 | 136 | 85 |
| 39e..... | 136 | 138 | 133 | 74 |
| 40e..... | 135 | 135 | 128 | 74 |
| 41e..... | 134 | 139 | 117 | 75 |
| 42e..... | 137 | 122 | 126 | 67 |
| 43e..... | 140 | 122 | 125 | 69 |
| 44e..... | 143 | 131 | 135 | 68 |
| 45e..... | 138 | 128 | 128 | 69 |
| 46e..... | 135 | 129 | 131 | 72 |
| 47e..... | 146 | 132 | 149 | 93 |
| 48e..... | 146 | 126 | 136 | 78 |

Il ressort à première vue que la viande est le meilleur aliment de croissance et d'entretien. Les insectes sont bons au début et moins bons pendant la vie adulte. Les poissons et les végétaux sont de mauvais aliments de croissance et s'améliorent pendant la vie adulte, sans devenir aussi importants que la viande.

La méthode graphique nous permettra d'ailleurs des comparaisons intéressantes.

Portons sur une ligne horizontale un certain nombre de points à intervalles égaux, représentant les semaines successives depuis le début des pesées jusqu'à la fin. Sur les ordonnés correspondant à chacun d'eux portons une longueur proportionnelle au rapport $\frac{R}{P}$ correspondant. En

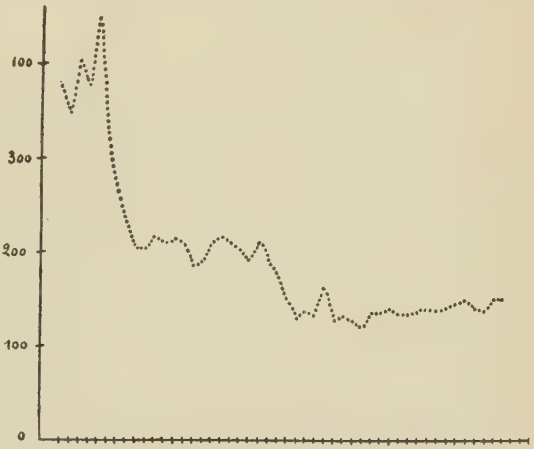

Fig. 5. — Courbe du poids relatif de ration chez les Canards piscivores.

reliant ces divers points par une même ligne on obtient une courbe qui, pour chaque régime, représentera la valeur de la ration. On voit de suite que ces courbes sont toutes descendantes et ne présentent aucune oscillation digne d'être notée, bien que l'influence de la pression atmosphérique et de la température soit à rechercher dans l'étude d'une alimentation (fig. 2, 3, 4, 5).

Ces courbes présentent toutes deux sections :

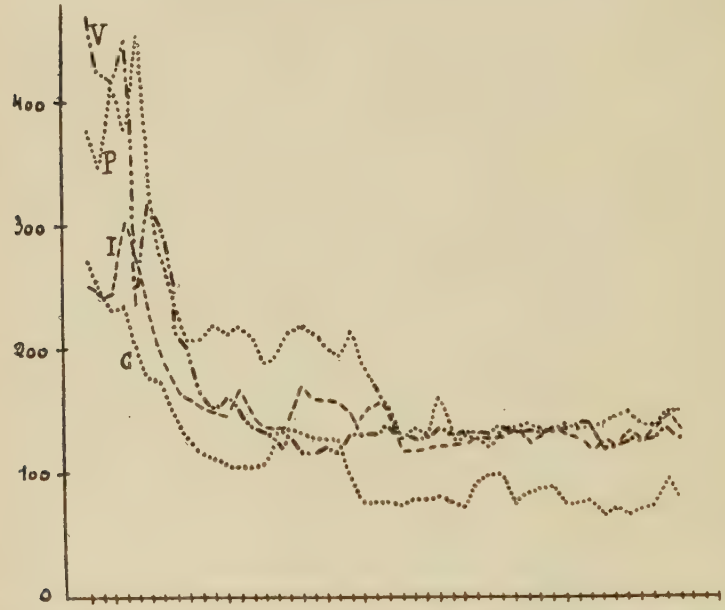


Fig. 6. — Courbes comparatives des poids relatifs de ration chez les Canards suivant les régimes.

V. Végétariens; P. Piscivores; I. Insectivores; C. Carnivores.

1° Allant du début de l'expérience à un certain jour variable, dans laquelle la courbe décroît ; c'est *la ration de croissance*.

2° Allant du jour variable indiqué sur chaque courbe et dans laquelle la courbe est sensiblement horizontale : c'est *la ration d'entretien*.

Il est indispensable, si nous voulons faire des comparaisons exactes, de porter sur un même dessin les quatre courbes que nous venons d'étudier séparément (fig. 6).

Dans ces conditions, on remarque que la courbe de ration carnée est au-dessous de toutes les deux autres aussi bien pen-

dant la période de croissance que pendant la période d'entretien. Donc la viande est supérieure pour des animaux qui croissent. Elle est encore la meilleure, mais de façon moins considérable, à l'état adulte.

Les insectes pendant la croissance sont presque aussi nutritifs que la viande, mais à l'état adulte, ils deviennent plus mauvais.

Les poissons et les végétaux constituent une ration inférieure pour le jeune. La ration s'améliore peu à peu et pour les adultes les végétaux sont l'aliment le meilleur après la viande.

De plus, il faut constater que le jeune a besoin proportionnellement de plus d'aliment que l'adulte.

Toutes ces considérations sont à retenir et peuvent avoir leur intérêt dans la vie médicale.

## CHAPITRE II

### LA CROISSANCE

La croissance est l'ensemble des phénomènes qui se traduisent, sous l'influence d'une nourriture déterminée, par un développement de l'organisme considéré, portant sur les trois dimensions de l'espace. Ce fait est dû à l'hyperplasie, à l'hyper-

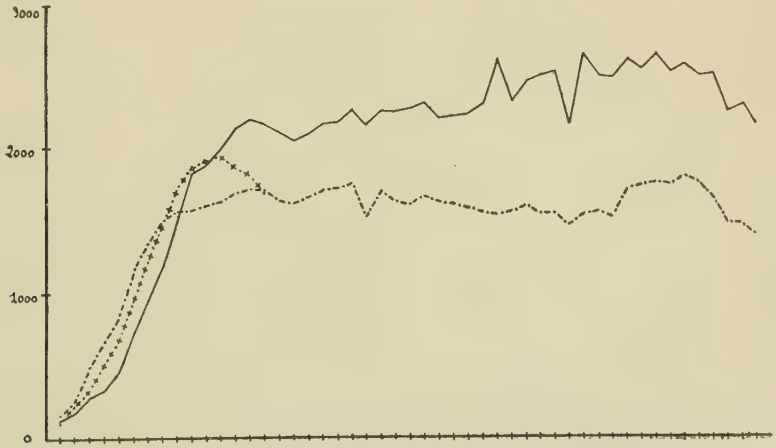


Fig. 7. — Courbes de croissance des Canards carnivores.

trophie et à la différenciation des cellules provenant de la multiplication de l'ovule fécondé.

Par conséquent, une des premières causes de la croissance réside dans une multiplication cellulaire intense. De plus, ces cellules deviennent elles-mêmes plus volumineuses, et se différencient ensuite pour former les différents tissus.

Par suite de ces trois facteurs qui régissent l'évolution des cellules, l'embryon augmente de poids, et se développe dans les trois dimensions.

L'intérêt d'une telle étude, en dehors du point de vue scientifique, est de fournir des exemples typiques du développement

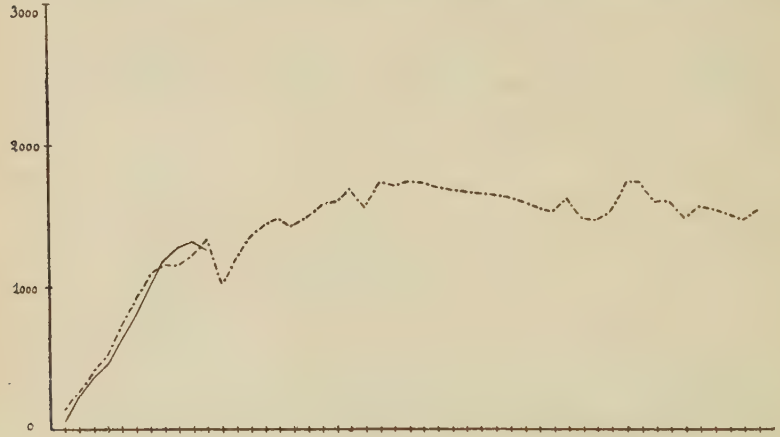


Fig. 8. — Courbe de croissance des Canards insectivores.

normal de l'animal. Mais ce que nous avons surtout voulu mettre en évidence, c'est que les chiffres moyens que la plupart des auteurs ont publiés ne doivent pas être considérés pour chaque âge particulier comme le chiffre idéal vers lequel tout bon éleveur ou puériculteur doit tendre. Chaque animal, et même chaque individu, présente une croissance qui lui est propre, et cette croissance dépend d'un très grand nombre de facteurs dont l'influence plus ou moins prépondérante varie avec chaque cas.

Il est d'usage, pour suivre la croissance d'un animal, de le peser régulièrement. Ce procédé a une grosse importance, parce qu'il permet de révéler les anomalies. Nous croyons qu'il serait intéressant et utile d'ajouter aux pesées régulières la mensuration de la stature. C'est un élément à considérer et différent du poids. En effet, comme nous l'avons montré,

le poids et la stature ne sont pas toujours en harmonie.

Malheureusement, chez l'Oiseau, ce procédé est délicat et nous l'avons abandonné de crainte de ne pas obtenir de chiffres suffisamment exacts.

Par suite de la ration qu'ils se donnaient eux-mêmes, nos Canards crurent dans de bonnes conditions, mais de suite il apparut que cette croissance se faisait de façon différente suivant les régimes.

Il est nécessaire dans une telle étude de ne pas s'en tenir aux chiffres extrêmes. En effet nous trouvons pour les différents régimes :

| | Poids moyen. | |
|---|---|---|
| | Au début après 15 jours de régime. | A l'état adulte (37e semaine). |
| Carnivores | 110 | 2.107 |
| Végétariens | 85 | 1.939 |
| Piscivores | 106 | 1.484 |
| Insectivores | 96 | 1.470 |

Ce résultat est intéressant. Il nous montre que les animaux

Fig. 9. — Courbes de croissance des Canards piscivores.

nourris de viande ou de végétaux arrivent à peser les poids les plus forts, alors que les animaux nourris de poissons ou d'insectes restent plus petits. Il est un fait digne de remarque, c'est que, dans la nature, les insectivores sont aussi tous petits, qu'ils soient Oiseaux ou Mammifères.

Mais ces chiffres extrêmes ne nous apprennent rien sur la croissance proprement dite. Or il y a une chose très considérable à mettre en lumière, c'est la vitesse de la croissance en fonction du régime alimentaire. La vitesse du développement importe aussi bien pour l'homme et les animaux. Il est nécessaire d'en bien connaître la marche. Pour arriver à ce résultat j'ai recueilli le poids de mes animaux en expérience toutes les semaines.

J'avais adapté à une balance une caisse tarée qui grandissait,

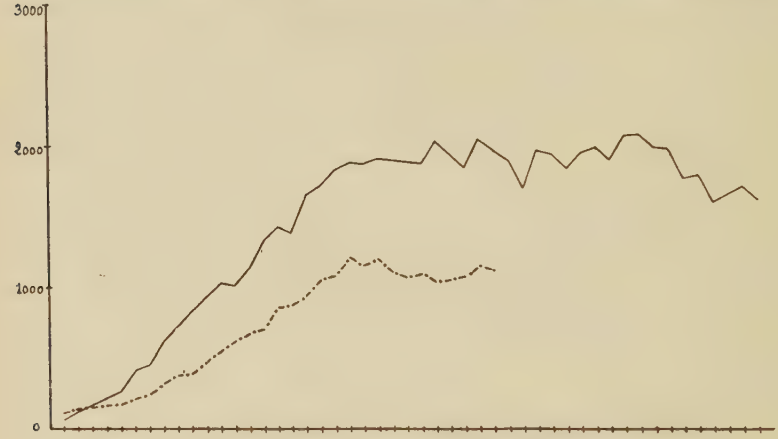


Fig. 10. — Courbe de croissance des Canards végétariens.

si je puis m'exprimer ainsi, avec ces animaux. Je n'avais qu'à enfermer les individus les uns après les autres dans cette caisse pour trouver très exactement leur poids.

Avec les poids ainsi obtenus il nous faut construire des courbes.

Pour chaque régime, établissons un graphique. Sur un axe horizontal portons autant de points équidistants qu'il y a de semaines de vie des Canards. Sur les ordonnées correspondantes à chacune d'elles portons des longueurs équivalentes au poids correspondant de chaque individu. Réunissons par un même trait les points relatifs à un même individu. Nous aurons ainsi une série de courbes qui représenteront la courbe de croissance par individu (fig. 7, 8, 9, 10).

Or de l'étude de chacun de nos graphiques, il découle deux faits :

1° Chaque courbe présente une première section ascendante

correspondant à la croissance proprement dite de l'animal.

2° Chaque courbe possède une partie plus ou moins en plateau représentant le poids de l'animal à l'état adulte.

Fig. 11. — Croissance comparée des Canards suivant les régimes.

De plus, sur chaque courbe, il existe un point d'inflexion au-dessous duquel la courbe a une concavité tournée vers le bas et au-dessus duquel la concavité de la courbe est tournée vers le haut.

Or il y a lieu pour nous de rechercher si les courbes de crois-

sance se ressemblent et si les points d'inflexion sont tous les mêmes. Il nous suffit pour cela de porter sur un même dessin les courbes relatives aux divers régimes, de façon à les comparer entre elles (fig. 11). Il n'est pas nécessaire de reproduire la partie des courbes qui termine la période adulte.

Il saute aux yeux que ce sont les carnivores (C) qui ont crû le plus vite de tous les Canards. Puis viennent les insectivores (I), les piscivores (P) et enfin les végétariens (V).

Les Canards nourris de viande avaient, au bout de deux mois

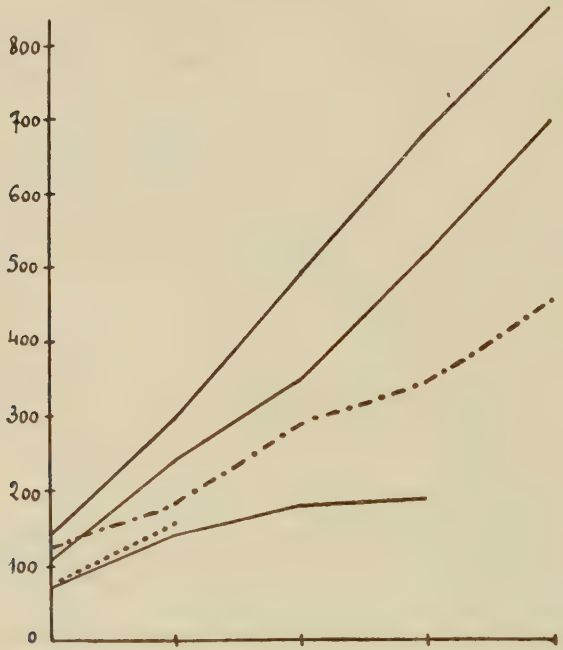


Fig. 12. — Courbes de croissance des Canards carnivores au début de l'expérience.

et demi de vie, la taille d'un adulte et pesaient 1700 grammes. Venaient ensuite les insectivores, qui pesaient 1200 grammes en moyenne, et les piscivores, qui pesaient 1000 grammes. Quant aux végétariens, ils pesaient 600 grammes seulement.

Au bout de trois mois et demi de vie, la croissance des Canards nourris avec de la viande était terminée et ils avaient atteint le poids de 2 kilogrammes. Il fallut cinq mois et demi aux Canards végétariens pour atteindre la même taille et le même poids.

Il est de plus à remarquer que les carnivores et les végétariens sont devenus plus gros que les piscivores et les insectivores, qui paraissent avoir été comme frappés d'un arrêt de croissance.

Les courbes ont toutes un point d'inflexion principal dont l'intérêt a été signalé par F. Houssay. Nous avons cherché sur nos graphiques à grande échelle à déterminer avec précision ce point sur chaque courbe. Voici, exprimées en jours de vie, les dates de ces points d'inflexion :

| | Mâles. | Femelles. |
|---|---|---|
| Insectivores..... | 44e jour. | 51e jour. |
| Carnivores..... | 51e — | 64e — |
| Piscivores..... | 78e — | 81e — |
| Végétariens..... | » — | 102e — |

Nous nous bornons d'abord à cet exposé des faits, ayant

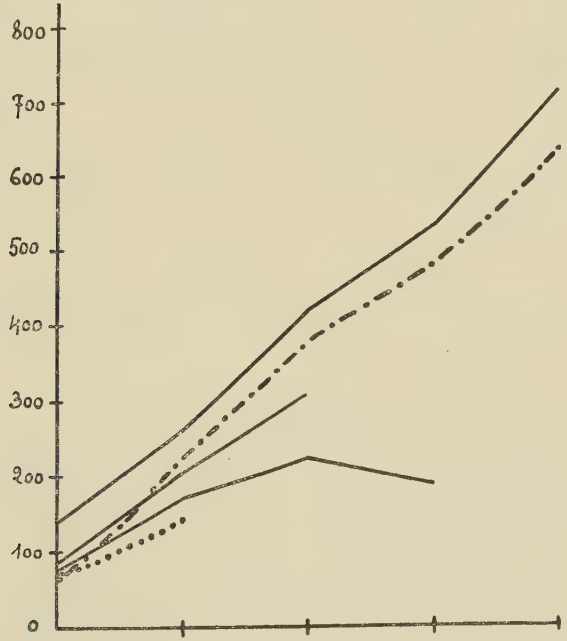


Fig. 13. — Courbes de croissance des Canards insectivores au début de l'expérience.

l'intention de rechercher plus tard l'interprétation qu'ils comportent.

Dans la construction des courbes que nous venons d'étudier, nous n'avons considéré que 9 Canards qui vivaient encore au

bout de sept semaines de vie. Nous avons délaissé à dessein les 11 autres qui, morts jeunes, auraient encombré le graphique. Mais comme nous voulons montrer la généralité de l'expérience, nous allons reproduire dans quatre petits dessins les poids relatifs aux divers individus en fonction du régime alimentaire pen-

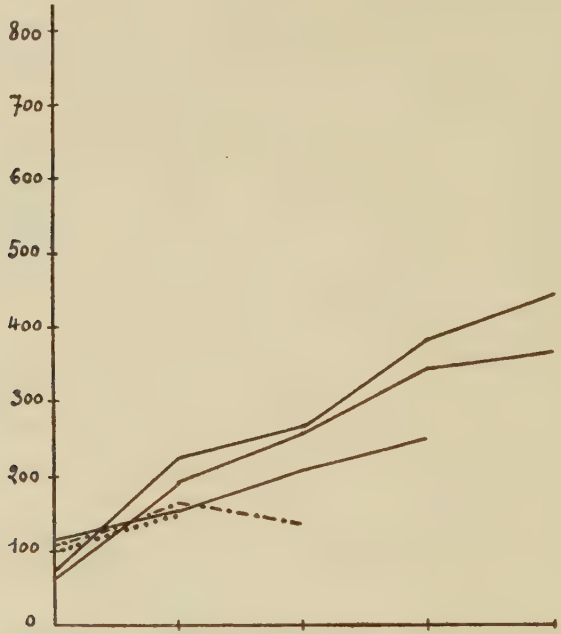


Fig. 14. — Courbes de croissance des Canards piscivores au début de l'expérience.

dant les sept premières semaines de vie. Il saute aux yeux que, là encore, ce sont les insectivores et les carnivores qui croissent le plus vite, et les végétariens le plus lentement, et cela malgré l'influence de la maladie qui en a terrassé quelques-uns (fig. 12, 13, 14, 15).

Nous avons pu, en mai 1911, grâce à l'amabilité de M. le Préfet de la Seine, tenter des recherches sur des Truites. Nous voulions nous rendre compte si l'influence du régime sur la croissance des Vertébrés est d'ordre général.

Nous avons choisi les Truites arc-en-ciel (*Trutta iridea*, W. Gibb.) que nous avons adaptées aux quatre régimes suivants :

1° Insectivores ;

2° Piscivores ;

3° Carnivores ;

4° Végétariens.

Les piscivores, les carnivores et les insectivores se sont très bien adaptés à leur régime exclusif. Pour les végétariens, il y eut d'abord des difficultés. Nous avons d'abord essayé de les nourrir avec de la farine de maïs, puis avec de la mie de pain. Le vermicelle seul nous permit de poursuivre nos recherches, qui commencèrent définitivement le 18 mai 1911.

Les alevins étaient nés le 24 mars 1911. L'expérience fut mise en marche avec 60 alevins, 15 par régime.

Les insectivores étaient nourris avec des larves de Chironomes.

Aux carnivores nous avons donné de la pulpe de rate de bœuf.

Les piscivores étaient nourris avec de la chair de poissons d'eau douce obtenue par raclage.

Enfin les végétariens se nourrissaient de petits brins de ver-

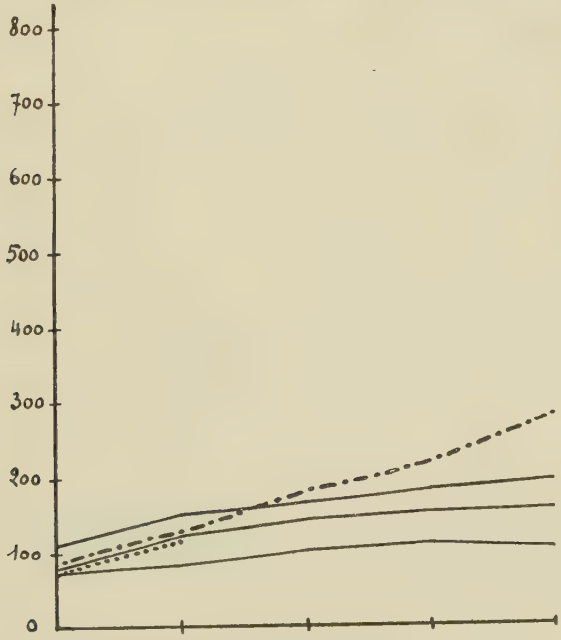


Fig. 15. Courbes de croissance des Canards végétariens au début de l'expérience.

micelle de 4 à 5 millimètres de long que nous laissions d'abord gonfler un quart d'heure dans l'eau.

Voici les résultats auxquels nous sommes arrivés relativement à la vitesse de croissance. La longueur des alevins était mesurée régulièrement tous les huit jours. Il était impossible de les peser par suite de leur trop grande fragilité.

Ce sont les insectivores qui ont crû le plus vite. Puis viennent les carnivores, les piscivores et ensuite les végétariens.

Les insectivores étaient très actifs. Toujours en mouvement, ils se pourchassaient. Un alevin en retard comme croissance fut dévoré par ses compagnons. Ils engloutissaient rapidement les larves de Chironome qu'on leur donnait.

Les carnivores et les piscivores étaient moins agiles. Quant aux végétariens, leur nourriture ne semblait que peu leur convenir, quoique se précipitant sur les bouts de vermicelle qu'ils prenaient pour des Vers et que l'on voyait par transparence dans leur estomac gonflé. Ils étaient peu remuants et toujours cachés sous un coin sombre de l'aquarium.

Nous ferons remarquer la concordance qui existe entre la vitesse de croissance des Truites et des Canards. Si l'on ne tient compte que du début de la croissance, on obtient le même classement suivant les différents régimes.

| ORDRES. | POIDS MOYEN DES CANARDS. | | POIDS MOYEN DES TRUITES. | |
|---|---|---|---|---|
| | au début de l'expérience. | au bout de 2 mois 1/2. | au début de l'expérience. | au bout de 2 mois 1/2. |
| | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Insectivores..... | 96,0 | 1.700,0 | 0,28 | 8,0 |
| Carnivores..... | 110,0 | 1.200,0 | 0,27 | 4,0 |
| Piscivores..... | 106,0 | 1.000,0 | 0,27 | 2,75 |
| Végétariens..... | 85,0 | 600,0 | 0,29 | 1,0 |

L'influence du régime alimentaire sur la croissance présente donc des coïncidences suivant les différentes classes de Vertébrés. Ce fait permet d'espérer la généralité du phénomène.

## CHAPITRE III

### LA PONTE

Pendant que nous surveillions la croissance de nos Canards, il survint au début de l'hiver un phénomène important pour nos investigations. La femelle piscivore se mit à pondre sans que rien le fît présumer. De plus l'œuf possédait une belle

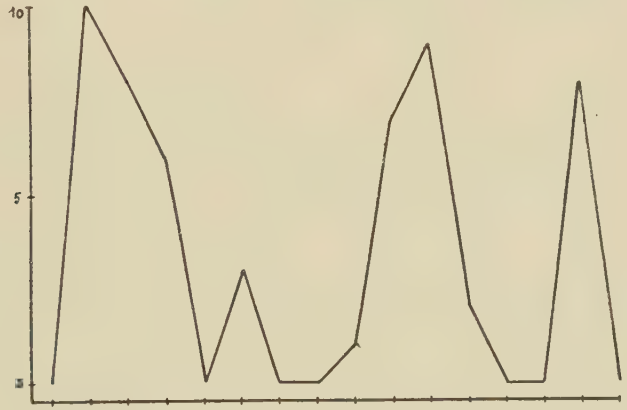


Fig. 16. — Variations en nombre des œufs produits par la Cane piscivore.

couleur verte qu'il nous parut intéressant de noter par suite de la teinte vive et spéciale qu'il présentait.

En effet la ponte est une évacuation de matières albuminoïdes quelquefois très considérables en comparaison avec celles que l'Oiseau doit absorber pour l'entretien de son organisme. Il y avait donc lieu de surveiller attentivement cette ponte et d'éviter non seulement la casse des œufs, mais aussi leur destruction volontaire par les mâles ou les femelles. J'avoue d'ailleurs que jamais les Canards n'ont tenté quoi que ce soit de fâcheux pour nos observations.

J'ai recueilli tous les œufs pondus par la femelle nourrie avec des poissons, et je les ai pesés de suite afin d'avoir le poids exact et d'éviter toute perte par évaporation.

J'ai agi de même pour les œufs des autres femelles lorsque celles-ci se mirent à pondre.

J'inscrivais en même temps pour chaque œuf la date.

La ponte pour toutes les femelles avait lieu généralement le matin, entre huit et dix heures.

Comme je l'ai dit plus haut, la Cane piscivore a pondu la première, le 17 décembre 1911 ; elle était alors âgée de sept mois neuf jours.

La femelle carnivore pondit huit jours plus tard. Quant à la

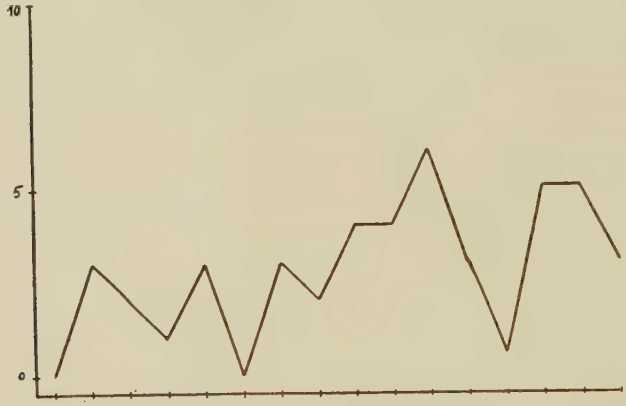


Fig. 17. — Variation en nombre des œufs produits par la Cane carnivore.

femelle végétarienne, elle ne pondit son premier œuf qu'à dix mois de vie, c'est-à-dire deux mois et demi après les autres.

De plus le changement de régime a modifié la production des œufs, quant au nombre, comme le montre le tableau suivant. Voici le nombre exact d'œufs pondus par chaque femelle pendant l'année qu'a duré l'expérience.

| | Nombre d'œufs pondus du 17 décembre au 15 mai. |
|---|---|
| Piscivores | 54 |
| Carnivores | 45 |
| Végétariens | 19 |

Cependant il faut dire que la ponte de nos Canes ne s'est pas effectuée de façon uniforme depuis le début jusqu'à la fin. Tantôt le phénomène s'arrêtait chez l'une, tantôt il reprenait chez l'autre. Cependant alors que l'une pondait beaucoup d'œufs en peu de temps, l'autre en pondait beaucoup moins. En un mot, la vitesse de la ponte était très variable en un temps donné. Il nous a semblé intéressant de mettre en évidence

cette vitesse et à cet effet nous avons construit quelques graphiques. Sur un axe horizontal nous portons des points

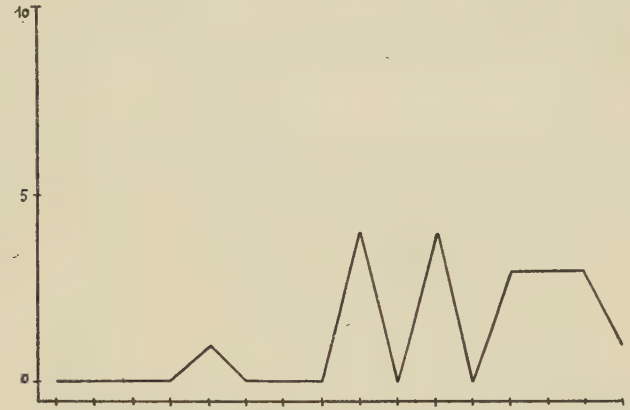


Fig. 18. — Variations en nombre des œufs produits par la Cane végétarienne.

équidistants correspondant à des tranches de dix jours que nous prendrons comme abscisses.

En ordonnées nous porterons pour chaque groupe le poids des œufs pondus pendant ce laps de temps. Nous dessinerons

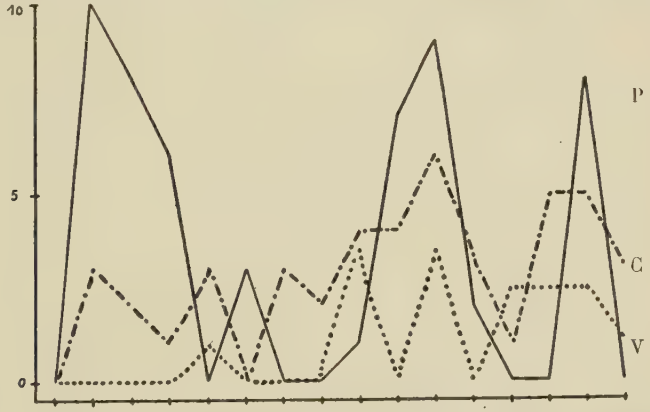


Fig. 19. — Comparaison du nombre des œufs produits par les Canes suivant les régimes. — P, piscivore ; C, carnivore ; V, végétarienne.

ainsi trois courbes représentatives de la ponte ou mieux de la quantité de matières albuminoïdes éliminées (fig. 16, 17, 18).

Il ressort de l'examen de ce graphique que les piscivores ont la ponte la plus précoce et la plus abondante. Leur ponte se répartit nettement en quatre reprises, phénomène qu'on

retrouve aussi net chez les carnivores et qu'on peut encore distinguer quoique plus confusément chez les végétariens. Ce phénomène paraît indépendant du régime puisqu'on le retrouve chez tous les sujets ; il diffère beaucoup de ce qu'on observe

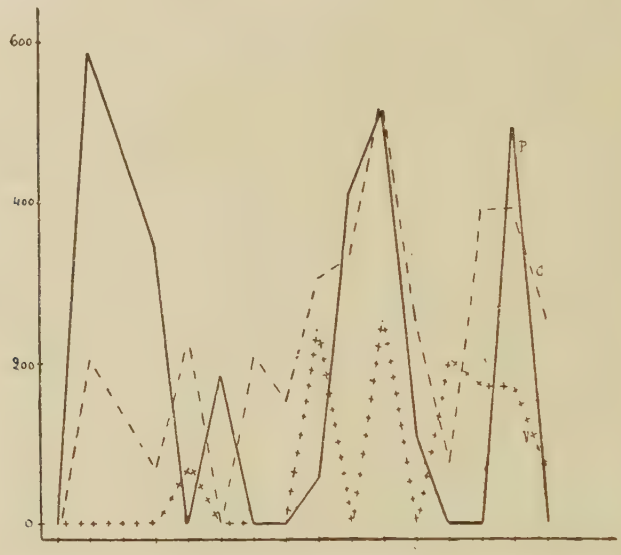


Fig. 20. — Comparaison des poids d'œufs produits par les Canes suivant les régimes. P, piscivore; C, carnivore ; V, végétarienne.

chez les Gallinacés où deux pontes nettes sont séparées par un arrêt ou une incubation. La ponte des végétariens est nettement moins abondante que les deux autres.

Le phénomène est encore plus net si l'on réunit sur un même dessin toutes les courbes relatives aux diverses pontes (fig. 19). On se rend même compte des différences qui existent dans la vitesse de la ponte suivant les différents régimes en même temps qu'on détermine mieux les reprises.

Les œufs étaient de taille et de poids assez différents, comme le montre le tableau suivant :

| | Poids | | |
|---|---|---|---|
| | Moyen. | Maximum. | Minimum. |
| | gr. | gr. | gr. |
| Cane carnivore..... | 77,90 | 92 | 63,10 |
| — végétarienne ..... | 61,50 | 75,80 | 48,60 |
| — piscivore..... | 58,50 | 65 | 51,20 |

Il nous a semblé intéressant de reproduire les photographies, grandeur naturelle, des exemplaires d'œufs de chaque groupe.

On voit que l'œuf de la cane carnivore est de beaucoup le plus gros, ce qui correspond aux poids que nous donnons plus haut (fig. 21, 22, 23 24).

Mais ces œufs ont été pondus par des femelles dont les poids du corps étaient très différents. Par conséquent, pour faire

Fig. 21. — Œuf de Cane carnivore gr. nat.

Fig. 22. — Œuf de Cane piscivore gr. nat.

une comparaison utile entre les tailles de ces divers œufs, il y a lieu d'augmenter ou de réduire leurs dimensions de façon à les ramener à la taille qu'ils auraient si la Cane pesait 1 kilogramme.

Les gravures ci-contre montrent que les tailles ne sont plus alors les mêmes comparativement (fig. 25). Ce n'est plus la Cane carnivore qui pond seule porportionnellement les plus gros œufs. La Cane piscivore donne des œufs de même taille. Ceux de la Cane végétarienne sont un peu plus petits, comme le montre le Tableau suivant.

| | Grand axe de l'œuf. | |
|---|---|---|
| | Normal. | Si l'animal pesait 1 kilogr. |
| Cane carnivore..... | 6cm,2 | 4cm,8 |
| — piscivore..... | 4cm,7 | 4cm,8 |
| — végétarienne..... | 5cm,2 | 4cm,6 |

Il nous a semblé intéressant de refaire un graphique analogue à celui de la figure 19, en remplaçant sur les ordonnées le nombre des œufs par leur poids. On obtient un graphique assez comparable au précédent. Nous le reproduisons dans la figure 20.

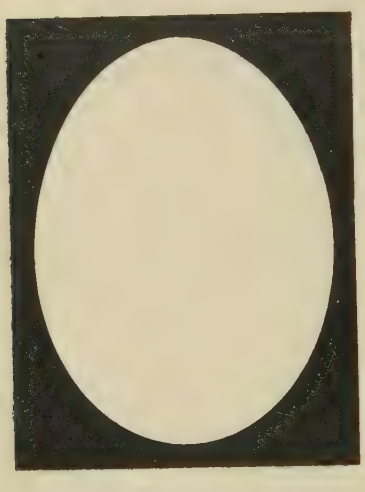

Fig. 23. — Œuf de Cane végétarienne gr. nat.

Fig. 24. — Œuf de Cane insectivore gr. nat.

C'est par la coloration que ces œufs différaient le plus entre eux. Les carnivores ont pondu des œufs blancs (teinte nº 178 A du Code Klincksieck].

Les œufs des piscivores présentaient une couleur verte (teinte nº 0321 foncée) alors que ceux des végétariens étaient blanc rosé (teinte nº 28 A diluée).

Si nous considérons l'intérieur de l'œuf, il est à remarquer que le jaune des végétariens était très foncé (teinte nº 151-176) alors qu'il était presque décoloré chez les carnivores (teinte nº 186-191). De plus il semble y avoir un rapport entre la couleur du jaune et celle de la graisse dans ces trois groupes :

Les carnivores possédaient à l'autopsie une graisse blanche, dure ; celles des végétariens était d'une belle couleur jaune d'or et de consistance plus faible.

La graisse des piscivores était d'un jaune terne.

Le Tableau ci-dessus montre bien le rapport qui existait chez

nos Canes entre la couleur du jaune de l'œuf et la couleur de la graisse.

| | Graisse. | Jaune de l'œuf. |
|---|---|---|
| Carnivores..... | blanc nacré | jaune très clair |
| Piscivores..... | jaunâtre | jaune |
| Végétariens..... | jaune d'or | jaune d'or |

Nous avons pu adapter au régime insectivore une Cane élevée aux végétaux. Nous ne pouvons évidemment comparer strictement sa ponte avec les autres. Nous remarquerons cependant que la coquille était colorée par un pigment brun (teinte n° 168) et que le poids moyen de l'œuf était de 61gr,90.

Nous avons voulu aussi connaître les différents poids des parties constituantes de l'œuf. A cet effet nous avons pesé le jaune, l'albumine et la coquille. Voici les chiffres que nous avons trouvés pour les divers régimes.

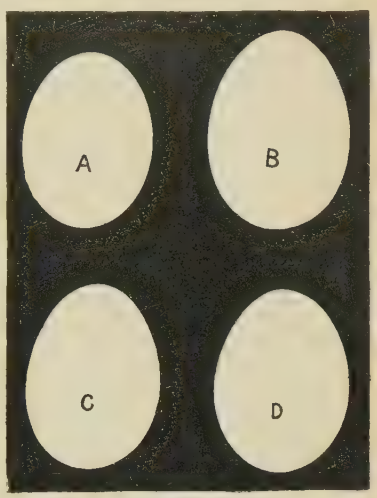


Fig. 25. — Comparaison de la taille relative des œufs suivant les régimes. — A, végétarienne; B, insectivore ; C, piscivore ; D, carnivore. — Poids des individus ramené à 1 kilo et réd, 1/2.

| | Canes. | | |
|---|---|---|---|
| | Carnivore. | Piscivore. | Végétarienne. |
| | — | — | — |
| | gr. | gr. | gr. |
| Poids de l'œuf..... | 72,10 | 54 | 55,70 |
| — de la coquille..... | 8,70 | 7,20 | 6,40 |
| — du jaune..... | 27,20 | 20,20 | 18,70 |
| — de l'albumine..... | 36,20 | 26,60 | 30,60 |

Voici pour 100 grammes d'œuf, le poids des parties constituantes :

| | Canes. | | |
|---|---|---|---|
| | Carnivore. | Piscivore. | Végétarienne. |
| | gr. | gr. | gr. |
| | — | — | — |
| Coquille..... | 12 | 13,3 | 11,4 |
| Jaune..... | 37,7 | 37,4 | 33,5 |
| Albumine..... | 50,2 | 49,2 | 54.9 |

Les résultats sont intéressants. Alors que chez les carnivores

et les piscivores, le poids p. 100 de jaune est sensiblement le même, le poids du jaune de l'œuf de la Cane végétarienne est proportionnellement plus petit. La même remarque s'impose pour le blanc, dont le poids est le plus élevé chez la Cane végétarienne.

La Cane piscivore a la plus grosse coquille, tandis que la Cane végétarienne en possède la plus mince.

## CHAPITRE IV

### LE TUBE DIGESTIF ET LES ORGANES

Au début de mai 1912, j'estimais que l'expérience pouvait cesser, car mes observations m'ont amené à admettre que les modifications apportées par un changement de régime sont surtout importantes pendant la jeunesse de l'être, tandis qu'à l'état adulte, le régime, s'il agit sur l'organisme en général, semble posséder une influence réduite sur les organes proprement dits.

J'ai sacrifié alors, le 14 mai 1912, les six sujets d'expérience qui vivaient encore. Mes Canards étaient alors en excellente santé, doués d'un appétit normal et je pensais qu'il était préférable de les étudier dans cet état physiologique afin de posséder des chiffres se rapportant à des animaux de santé parfaite.

Les individus furent tués par saignée comme je l'avais pratiqué pour les Oiseaux que j'avais étudiés antérieurement pour l'examen du foie et des reins après saignée totale [57.58].

Je les disséquais soigneusement. Je mensurais et pesais les organes, faisant les observations nécessaires à mes investigations. Quatre heures me suffisaient pour étudier complètement un individu. J'eus donc complètement terminé en quatre matinées et deux soirées, puisqu'il ne me restait plus que six Canards. Dans ces conditions, je puis affirmer que les comparaisons que je fus amené à effectuer ainsi étaient valables.

#### Ventricule et gésier.

Dès l'ouverture de la cavité abdominale, une chose me frappa

chez les piscivores, ce fut le volume considérable du ventricule succenturié.

L'organe qui chez les Oiseaux fait office d'estomac a une forme spéciale. Il se divise nettement en deux poches. La première, plus ou moins cylindrique, est appelée ventricule succenturié et fait suite à l'œsophage : c'est la glande digestive. La seconde partie est discoïde et porte le nom de gésier : elle joue surtout un rôle mécanique dans la digestion. Le ventricule succenturié est séparé du gésier par une sorte d'étranglement où se loge généralement la rate.

Fig. 26. — Ventricule succenturié et gésier de Canard piscivore (ramené à 1 kilo).

Or ce ventricule, chez les piscivores, était considérablement modifié. On s'en rendait compte en regardant l'organe. Il paraissait très développé en comparaison avec l'ensemble des viscères, beaucoup plus que chez les autres Canards. En pratiquant une coupe suivant le grand diamètre, on trouvait une cavité très agrandie, mais le revêtement musculaire paraissait moins résistant.

D'ailleurs l'examen des poids du ventricule suivant les quatre régimes est encore ce qu'il y a de plus démonstratif.

Nous avons isolé le ventricule du gésier par une section au niveau de l'étranglement et de l'œsophage en le coupant au point de raccord avec celui-ci. Le gésier, de son côté,

était débarrassé de l'ampoule intestinale. Ce sont ces deux organes ainsi isolés que nous avons pesés à part pour chaque individu à l'exception du carnivore pesant 2 183 grammes, qui présentait une tumeur abdominale généralisée.

Voici les résultats obtenus pour le ventricule succenturié :

| | Ventricule par kilogramme d'animal. | |
|---|---|---|
| | Régime expérimental. | Régime naturel. |
| Piscivores | 4,60 | 4,60 |
| Végétariens | 2,30 | 3,10 |
| Insectivores | 2,10 | 3,50 |
| Carnivores | 1,90 | 3,50 |

Si nous comparons les deux colonnes de nombres, nous observons qu'elles ne sont pas tout à fait indentiques, ce qui est naturel, la première n'étant relative qu'à une seule espèce, la seconde étant formée par les moyennes d'un grand nombre d'espèces.

Il est surtout intéressant, pour ne pas faire état de petites variations, de mettre en évidence le grand écart que le régime piscivore entraîne dans les deux cas pour la valeur relative en poids du ventricule. Les piscivores constituent à eux seuls un groupe à part qui s'oppose aux trois autres, peu différents entre eux.

On ne peut qu'être frappé de la similitude des résultats pour le ventricule. Nous avions admis que l'accroissement du ventricule succenturié chez les piscivores était d'ordre mécanique et venait de ce que ces Oiseaux se nourrissent de proies qu'ils avalent tout entières. Comme ces proies sont souvent volumineuses, rigides, elles exigent un grand développement du ventricule succenturié qui permette leur digestion en entier. Or nous avons nourri nos Canards avec des poissons entiers et nous sommes arrivés au même résultat. Il y a donc là un bel exemple d'adaptation au régime. Les photographies que nous joignons rendent d'ailleurs suffisamment compte des différences obtenues (fig. 26, 27, 28, 29).

Relativement au gésier, dont les modifications ne peuvent être que d'ordre mécanique et relatives à la dureté des aliments ingérés, notre expérience ne peut pas être aussi significative que le serait par exemple celle qui consisterait à comparer des granivores et des piscivores.

Toutefois, observons que notre régime végétarien composé d'une purée (farine de maïs, pommes de terre écrasées, pain trempé, feuilles hachées) comportait un faible développement du gésier. En fait, nous trou-

Fig. 27. — Ventricule succenturié et gésier de Canard carnivore (ramené à 1 kilo).

Fig. 28. — Ventricule succenturié et gésier de Canard végétarien (ramené à 1 kilo).

vons pour ces animaux le plus faible nombre, 13,60.

Pour les insectivores, d'un autre côté, nous trouvons un nombre 20,40, moins fort cependant qu'on eût pu l'attendre par comparaison avec le nombre moyen des insectivores (32,70). Or, observons que nos Canards mangeaient des larves de mouche et non des insectes adultes et que, si nous leur comparons les mangeurs de larves (Pic-vert), nous trouvons pour ceux-ci le nombre 17,50, voisin du premier.

Nos piscivores ont pour gésier 16,80, très rapproché de 15,90 moyenne des piscivores naturels.

Pour les carnivores, par contre, notre année d'expériences n'a pas suffi à amener une réduction notable ; le gésier est resté de 23,90, le plus fort de nos nombres. Ce résultat est du reste indentique à celui que Weiss avait déjà obtenu sur ces animaux [91]. Il y aurait lieu de poursuivre l'expérience sur ce point.

Fig. 29. — Ventricule succenturié et gésier de Canard insectivore (ramené à 1 kilo).

La représention par photographie est, dans le cas présent, très importante. En disséquant, j'ai pris pour chaque estomac une photographie grandeur naturelle. Leur examen montre avec une parfaite évidence le développement caractéristique du ventricule succenturié chez les piscivores. Mais les poids des individus sont différents. Aussi, pour avoir une représentation exacte des modifications apportées par les régimes, est-il nécessaire d'agrandir ou de réduire ces images, de façon à les faire correspondre à celles d'un animal d'un poids donné, un kilogramme par exemple. Il suffit, dans ces conditions, de diviser la longueur de la photographie de l'estomac par la racine cubique du poids de l'animal et de multiplier par 10, racine cubique de 1000, pour obtenir la longueur exacte de cet estomac si l'animal pesait un kilogramme. Les différences constatées par l'examen des photographies ainsi obtenues traduisent les change-

ments de forme et de dimensions apportés par les régimes, et en particulier par le régime piscivore (fig. 26, 27, 28, 29).

Des différences de forme très nettes avaient été définies par nous entre Oiseaux d'espèces différentes et possédant des régimes différents [36]. Dans le cas de notre expérience, comme il s'agit d'Oiseaux de même espèce, la différence de morphologie observée traduit donc exclusivement la variation introduite par le régime piscivore.

Ce procédé d'évaluation est rigoureusement exact. D'ailleurs les modifications ci-dessus apparaissent déjà sans cela. Il suffit en effet de se rapporter aux photographies d'estomacs d'Oiseaux vivant en liberté dans la nature et que nous avons publiées dans une étude antérieure pour se rendre compte que nos images copient assez fidèlement, pour le ventricule succenturié, ce que la nature nous a fourni elle-même [51].

### Musculature du gésier.

Nous avons déjà obtenu des résultats très intéressants pour l'étude en poids du gésier. Son étude morphologique l'est peut-être plus encore par la composition même de cet organe et par l'examen détaillé de sa musculature. Nous nous bornerons ici à signaler les variations dans l'épaisseur de la paroi musculaire, mesurée chez un certain nombre de nos Canards, dans chaque régime.

| | Épaisseur de la paroi musculaire du gésier. |
|---|---|
| Carnivores | $2^{cm},4$ |
| Insectivores | $1^{cm},9$ |
| Piscivores | $1^{cm},7$ |
| Végétariens | $1^{cm},6$ |

Nous signalerons seulement que les chiffres sont conformes à ce que l'on devait attendre de l'examen du poids relatif de l'organe que nous avons donné plus haut. Nous ajouterons de plus que le revêtement corné était bien moins résistant, pour ne pas dire inexistant, chez les piscivores et les carnivores alors qu'il était plus dur chez les végétariens et les insectivores.

### L'estomac.

Si l'on additionne ensemble les quantités de ventricule et de

gésier par kilo dans les différents groupes donnés par le régime, on obtient le Tableau suivant :

| | Poids du corps. | Poids de l'estomac par kilo. |
|---|---|---|
| | gr. | gr. |
| Piscivores | 1.417 | 21,40 |
| Carnivores | 1.404 | 25,80 |
| Végétariens | 1.580 | 15,90 |
| Insectivores | 1,502 | 22,50 |

Les variations du gésier étant bien plus importantes que celles du ventricule, la somme des deux organes reproduit le même classement que pour le gésier seul. Il n'y a rien de plus à en conclure.

### Longueur de l'intestin grêle.

Dans une expérience portant sur un changement de régime, l'étude de l'intestin doit être au premier plan, puisque cet organe est certainement un des premiers sur lesquels l'aliment peut exercer son influence. J'avais admis que les variations de longueur observées dans les espèces animales étaient la conséquence d'une adaptation à des régimes alimentaires différents [52]. Voyons si j'ai pu en donner la preuve expérimentalement.

L'étude de la longueur de l'intestin chez un animal est chose délicate, car des fautes d'observation sont faciles à commettre. L'opération consiste, pour l'Oiseau en particulier, à mesurer la longueur de l'intestin depuis le gésier jusqu'au cæcum. La pratique de ce travail doit être rigoureusement personnelle ; en effet, pour obtenir des résultats comparables, la même main est indispensable, l'intestin devant être, avant toute mensuration, tendu de la même façon. Ce point a une très grande importance, non si les grandeurs des intestins que l'on étudie sont dans le rapport de 1 à 2 ou plus, mais si leurs dimensions sont assez voisines.

Voici les chiffres que nous avons trouvés par les différents individus.

| | Poids du corps. | Rapport de la longueur de l'intestin grêle à la longueur du corps $l = \sqrt[3]{P}$. |
|---|---|---|
| | gr. | gr. |
| Piscivores | 1.417 | 17,30 |
| Carnivores | 1.404 | 14,30 |

| | | |
|---|---|---|
| Végétariens | 1.580 | 13,70 |
| Insectivores | 1.502 | 12,90 |

Il ressort de l'examen de ce Tableau que l'intestin des insectivores est nettement raccourci alors que celui des piscivores est le plus long. Le fait que les carnivores et les végétariens ont sensiblement la même longueur intestinale coïncide avec ce que les chiffres nous ont fourni chez les Oiseaux [36].

### Gros Intestin.

Par contre, la comparaison de la longueur du gros intestin à la longueur du corps donne des résultats un peu différents dans le détail. Cependant le tableau suivant montre encore que, nettement, ce sont les végétariens qui ont le plus de gros intestin et que ce sont les Oiseaux qui tirent leur alimentation de la faune qui en ont le moins. Les différences entre les deux groupes sont considérables, ainsi qu'il ressort du petit résumé suivant où les différents gros intestins sont dans le rapport ci-dessous :

| | Rapport de la longueur du gros intestin à la longueur du corps $l = \sqrt[4]{P}$. |
|---|---|
| Végétariens | 0,80 |
| Piscivores | 0,65 |
| Carnivores | 0,60 |
| Insectivores | 0,60 |

### Poids de l'Intestin grêle.

Nous venons de voir tout l'intérêt que comportait la mesure de l'intestin. Sa pesée n'est pas moins intéressante. Ce viscère est en effet, en même temps que sécréteur et absorbant, un organe musculeux. L'alimentation peut mécaniquement augmenter ou diminuer l'épaisseur de la tunique musculaire. Afin de nous en rendre compte, nous avons pesé l'intestin une fois débarrassé des matières qui y adhéraient. C'est une opération délicate, mais nous croyons l'avoir menée à bien. Nous avons fait la moyenne des rapports de ces poids au poids du corps :

| | Poids de l'animal. | Poids de l'intestin grêle par kilogr. |
|---|---|---|
| | gr. | gr. |
| Piscivores | 1.417 | 10,40 |
| Végétariens | 1.580 | 7,60 |
| Carnivores | 1.404 | 6,90 |
| Insectivores | 1.502 | 6,90 |

Les végétariens, les carnivores et enfin les insectivores avaient une alimentation qui laisse ou peu de déchets ou des déchets abondants à l'état de bouillie. Les autres ont une nourriture composée de corps durs, poissons, qui se digèrent plus ou moins complètement. Les muscles de l'intestin se développent donc dans ce cas afin de résister à une perforation possible que pourrait occasionner le passage des parties dures.

### Surface de l'Intestin.

Passons maintenant à l'étude de la surface intestinale.

Je considère le tube intestinal comme une série de cylindres successifs dont je calcule la surface latérale. Custor [12] évaluait cette surface, l'intestin étalé, tandis que Brants [8] l'obtenait en remplissant l'intestin d'huile et en déduisant la surface du poids d'huile employée. Ces trois méthodes donnent d'ailleurs des résultats identiques comme j'ai pu m'en convaincre.

Les chiffres obtenus ont été rapportés à la surface du corps $S = \sqrt[3]{P^2}$.

| | Poids de l'animal. | Surface relative de l'intestin grêle. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Végétariens | 1.580 | 2,60 |
| Piscivores | 1.417 | 2,30 |
| Carnivores | 1.404 | 1,50 |
| Insectivores | 1.502 | 1,40 |

Par conséquent, en examinant la surface intestinale, il ressort que dans les régimes expérimentaux comme dans les régimes naturels, les végétariens ont la plus grande surface intestinale, tandis que les insectivores et les carnivores en possèdent la plus petite. Les piscivores offrent une surface intermédiaire.

Ces résultats très remarquables montrent que les insectivores, en s'adaptant progressivement à leur régime, ont peu à peu

réduit leur intestin. Il est évident par contre que dans le régime végétarien, l'intestin embarrassé par les déchets de l'alimentation s'allonge plus ou moins suivant la nature des végétaux ingérés, mais, dans tous les cas, s'élargit très nettement.

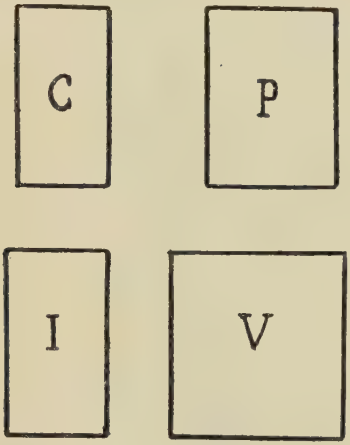


Fig. 30. — Largeur réelle de l'intestin grêle chez les Canards. C, Carnivores; I, insectivores; P, Piscivores; V. Végétariens.

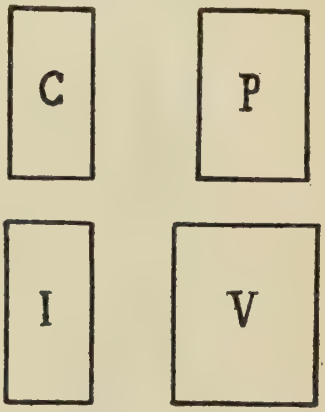


Fig. 31. — Largeur relative de l'intestin chez les Canards. C, Carnivores ; I, Insectivores ; P, Piscivores ; V, Végétariens.

Le fait intéressant est d'avoir obtenu ces modifications par voie expérimentale.

D'ailleurs nos résultats ne sont pas la conséquence d'artifices mathématiques. En effet, nous donnons ici, dans la figure 30, la largeur exacte de l'intestin suivant les différents régimes chez nos Canards. On voit que la différence est trop considérable pour être due à autre chose qu'au régime. En outre, si l'on divise ces largeurs par la racine cubique du poids de l'animal, et si l'on multiplie par 10, racine cubique de 1 000, qui est le poids d'animal que nous adoptons, pour faire des comparaisons valables, on constate que les différences restent les mêmes, comme le montre la figure 31.

## Les Cæcums.

Lorsqu'on déroule le tube digestif d'un Oiseau, presque toujours on remarque, généralement assez près de l'ampoule rectale, deux diverticules de forme ovoïde ou tubulaire : ce sont les cæcums.

Il nous a semblé que la meilleure façon d'opérer était d'en prendre la longueur et de la comparer à la longueur du corps afin d'avoir des rapports homogènes. Ainsi les différences

Fig. 32. — Cæcums de Canard végétarien (ramené à 1 kilogramme). Réd. 1/4.

obtenues suivant les divers Oiseaux sont indicatrices de l'influence de tel ou tel facteur biologique.

Les cæcums sont généralement inégaux, le cæcum droit étant plus long que le cæcum gauche. C'est la somme des longueurs de ces deux appendices que nous avons comparée à la longueur du corps. Nous résumons dans le Tableau suivant les résultats auxquels nous sommes parvenus en faisant la moyenne des rapports de la longueur des deux cæcums à la longueur du corps.

| | Rapport de la longueur des cæcums à la longueur du corps $l = \sqrt[3]{P}$. |
|---|---|
| Végétariens | 2,60 |
| Piscivores | 2,20 |
| Insectivores | 2,10 |
| Carnivores | 2 |

De l'étude poursuivie sur l'intestin et sur les cæcums, il ressort que c'est aux régimes granivore et herbivore qu'appartient la plus grande quantité de cæcums et de gros intestin et que c'est au régime carnivore qu'en échoit la plus petite.

Ces conditions peuvent nous amener à penser que les régimes granivore et herbivore surchargent en matières inutiles le tube digestif. Celui-ci réagirait contre cette accumulation de déchets sous la seule influence mécanique en agrandissant les cæcums et en allongeant le gros intestin. Par contre le régime tiré de la faune laisse après la digestion peu de résidus; le gros intestin resterait court et les cæcums s'atrophieraient. Les cæcums ne seraient par conséquent que des réceptacles.

Fig. 33. — Cæcums de Canard carnivore (ramené à 1 kilogramme). Réd. 1/4.

Mais si nous considérons comme valable cette indication fournie par les résultats moyens dans lesquels, se noient tous les accidents individuels, nous pouvons en retirer une suggestion très importante.

Nous avons à plusieurs reprises été amenés à parler de régi-

mes toxiques et de régimes non toxiques ; il faut préciser que ces définitions étaient faites surtout au point de vue absorption et que leur retentisssement direct avait lieu sur l'intestin grêle.

Fig. 34. — Cæcums de Canard insectivore (ramené à 1 kilogramme). Réd. 1/4.

Il faut ajouter maintenant que plus un régime est producteur de toxines et plus, semble-t-il *a priori*, l'intestin doit être excité à l'évacuation ; cela est parfois vrai : à côté du mal se trouve le remède dans la réaction organique. Cela est vrai notamment pour les carnivores (mangeurs de chair *crue*). Mais un régime peut être à la fois toxique et producteur de déchets résistants à évacuer : c'est le cas des mangeurs de poissons, mollusques et insectes et, à l'intoxication primaire par l'intestin grêle, s'ajoute une intoxication secondaire, par le fait de la stase et de la fermentation dans l'extrémité intestinale ou rectale.

Inversement, un régime peu toxique qui ne raccourcit pas l'intestin grêle peut donner tout de même des produits : acide malique, acide tartrique ou autres, qui excitent les muscles intestinaux à la contraction ; d'où évacuation rapide : ni intoxication primaire, ni intoxication secondaire. C'est le cas des frugivores.

Comme aussi un régime peu toxique, et c'est le cas qui semble le plus naturel, doit avoir pour conséquence une évacuation lente des déchets, pour peu surtout qu'à leur faible excitation s'ajoute une certaine inaptitude au glissement, comme pour les téguments de graines. Dans ce cas la stase rectale est longue ; des fermentations s'y produisent, amenant une intoxication secondaire qui contrarie les bons effets du régime, aperçus au point de vue absorption.

Fig. 35. — Cæcums de Canard piscivore (ramené à 1 kilogramme). Réd. 1/4.

Alors, si le cæcum croît comme le gros intestin et la stase rectale, n'est-il pas à se demander si cet organe, parfois réduit à un tissu glandulaire ou lymphoïde qui fait songer à celui de la rate, ne serait pas un neutralisateur de toxines rectales ?

Nous avons pris la photographie des cæcums grandeur naturelle, mais leur comparaison ne permet pas une vue d'ensemble, car les Oiseaux sont de taille par trop différente. Nous avons pensé qu'en réduisant ou en augmentant les représentations photographiques de ces organes de façon à les ramener à celle d'un Oiseau du poids de 1000 grammes par exemple, on se rendrait ainsi mieux compte des coïncidences entre les divers

types. Et s'il n'y a pas identité, les différences traduiront exactement la valeur de l'appendice cæcal dans chaque type.

La série des figures 32 à 35 met sous les yeux d'une manière frappante les variations des cæcums. Ce procédé est rigoureusement exact ; il permet mieux de saisir les différences qui apparaissent déjà dans cet artifice.

Nous avons pensé qu'il pouvait être intéressant de peser les cæcums. Quand ces organes sont brefs, il suffit de les détacher de l'intestin et de les peser tels quels. Longs, il faut les débarrasser des matières qui les gorgent. A cet effet, on les ouvre, les lave et, après les avoir séchés, on les pèse. Nous résumons dans le tableau suivant les résultats obtenus en étudiant les cæcums, après avoir ramené leur poids au kilo d'animal.

| | Poids du corps. | Poids des cæcums par kilogr. |
|---|---|---|
| | — | — |
| | gr. | |
| Végétariens | 1.580 | 1,08 |
| Piscivores | 1.417 | 0,86 |
| Insectivores | 1.502 | 0,83 |
| Carnivores | 1.404 | 0,67 |

On voit de suite que les chiffres de ce tableau concordent avec ceux que nous avons indiqués plus haut et que nous avons trouvés en comparant la longueur des cæcums à la longueur du corps.

Les enseignements de ce Tableau sont tels que nous les prévoyions vu les variations considérables des longueurs des cæcums.

## Le Foie et les Reins.

Si, comme nous l'avons montré, le régime alimentaire exerce une influence caractéristique sur la croissance, la ponte et le tube digestif des Canards, il est à présumer que son action doit être encore plus efficace sur les organes dans leur ensemble, et sur le foie et les reins en particulier.

Le poids relatif du foie varie dans une même classe de Vertébrés avec l'espèce et avec l'individu.

Si l'on étudie le poids de cet organe chez plusieurs individus d'une même espèce, on constate des variations qui ne sont en général pas importantes. Quelques très rares types sont aber-

rants et présentent, soit pathologiquement, soit téralogiquement des foies ou très gros ou très petits.

Si, par contre, on s'adresse aux espèces, en essayant, s'il est possible, de recueillir pour chaque espèce le poids moyen du foie par l'examen de nombreux individus, on voit de suite que les variations sont très grandes non seulement en valeur absolue, mais aussi et surtout en valeur relative. Chez les Oiseaux le poids relatif du foie varie de 10 à 80 ; chez les Mammifères de 10 à 100.

Par conséquent les variations suivant l'espèce diffèrent des variations individuelles.

En examinant les familles d'Oiseaux, on se rend compte que d'une façon générale les espèces sont composées d'individus possédant le même genre de vie et le même régime. En étudiant le poids relatif du foie dans les espèces de chaque groupe, il ressort que pour chaque groupe les espèces présentent des poids de foie voisins les uns des autres et plus ou moins éloignés des poids obtenus pour les autres groupes [42].

Nous sommes donc amenés à considérer le régime comme le gros facteur de la variation du foie. En effet cet organe est en rapport direct avec les aliments. Ceux-ci, transformés par l'estomac et l'intestin, sont véhiculés sauf les graisses, par la veine porte et se rendent au foie, qui, à son tour, transforme les produits de la digestion des albuminoïdes, les sucres ainsi que les composés toxiques.

Par conséquent, suivant les différents régimes, le foie est soumis à une activité cellulaire variable. Il est naturel de penser que, suivant l'intensité de la fonction, l'organe s'hypertrophie ou reste petit.

Nous allons nous rendre compte si l'expérience peut reproduire ces modifications chez nos Canards adaptés à quatre régimes divers.

Voici les résultats obtenus en pesant le foie, après saignée de l'animal.

| | Poids de l'animal. | Foie par kilogr. | Reins par kilogr. |
|---|---|---|---|
| | gr. | | |
| Canards piscivores ..... | 1.417 | 27,10 | 8,20 |
| Canards insectivores..... | 1.502 | 23,30 | 6,80 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Canards végétariens..... | 1.580 | 17,50 | 5,90 |
| Canards carnivores..... | 1.404 | 16,80 | 6,20 |

Comparons ces résultats à ceux que nous a donnés l'étude objective du foie et des reins chez les Oiseaux naturels :

| | Poids de l'animal. gr. | Foie par kilogr. | Reins par kilogr. |
|---|---|---|---|
| Piscivores..... | 345,30 | 48,4 | 14,1 |
| Insectivores..... | 52,30 | 34,4 | 11 |
| Végétariens..... | 358,50 | 22,8 | 7,7 |
| Carnivores..... | 388,70 | 23,4 | 8,3 |

On ne peut qu'être frappé de la similitude des résultats. Dans les deux cas, les piscivores et les insectivores ont un gros foie, les carnivores et les végétariens en ont un petit. Il ne peut être question ici d'adaptation du foie au rayonnement calorique, puisque les individus pèsent tous sensiblement le même poids.

Le foie a un rôle complexe. Il reçoit par la veine porte une grande partie des produits de la digestion, les transforme. Il fabrique l'urée, le glycogène, la bile ; il neutralise les toxines, les ptomaïnes. Vraisemblablement le gros facteur de sa variation est le régime alimentaire.

Les différences de poids observées sont-elles dues à des variations en poids du glycogène, que Lapicque (L. et M.) ont d'ailleurs trouvé en petites quantités dans le foie des Bengalis, ou bien sont-elles le résultat d'une plus ou moins grande hypertrophie du parenchyme hépatique ?

Nous avons montré qu'en faisant jeûner des Oiseaux, de façon à les priver complètement de glycogène, le classement pour le foie reste le même que celui donné par l'étude du foie naturel [38].

| | Foie normal par kilogr. | Foie après jeûne par kilogr. | Foie par kilogr. après saignée. |
|---|---|---|---|
| Buse (carnivore)..... | 12,50 | 12,70 | 10,80 |
| Perruche de Madagascar (granivore)... | 13,70 | 15,10 | 14,10 |
| Mouette rieuse (piscivore)..... | 54 | 30 | 41,50 |
| Hirondelle de cheminée (insectivore)... | 57,10 | 28,55 | 31,80 |

Le classement est encore le même, si l'on étudie le foie chez des Oiseaux tués brusquement ou par saignée.

Dans ces conditions, le foie réagit dans son parenchyme.

L'hypertrophie constatée chez les piscivores et les insectivores est donc occasionnée par un excès de travail ou une réaction à l'intoxication alimentaire.

Pour le rein, il est à remarquer que le classement est identique à celui obtenu pour le foie ; les piscivores et les insectivores ayant plus de reins que les carnivores et les végétariens. Ce résultat prouve que ces deux organes réagissent à une même cause, qui ne peut être que l'intoxication due aux régimes alimentaires.

Le fonctionnement du rein est donc lié à celui du foie. Cela est d'accord avec les constatations pathologiques, une lésion hépatique s'accompagnant souvent d'une lésion rénale.

### Le Cœur.

Le cœur est sans aucun doute sous la dépendances de plusieurs facteurs. Il ne nous semble pas cependant que cet organe soit en relation avec le régime alimentaire. En tout cas, les rapports seraient certainement assez lointains. Par contre, le cœur est intimement lié à l'effort musculaire.

Nous avons montré [55] que, chez les Oiseaux, l'adaptation à la vie aérienne avait une répercussion très nette sur le poids du cœur.

Chez les espèces qui possèdent une surface alaire suffisamment grande pour permettre le vol plané, on constate que le moteur, représenté par les muscles pectoraux, est faible. En même temps le cœur est petit. Par contre, chez celles où la surface portante est très réduite on voit apparaître le vol ramé. Pour se soutenir dans l'air, ces Oiseaux sont obligés de battre des ailes souvent de façon très rapide. L'effort musculaire est violent ; le moteur est puissant, les muscles pectoraux et le cœur étant très développés.

En un mot, il y a chez les Oiseaux un rapport étroit entre le poids du cœur et l'effort musculaire à effectuer. Quand cet effort est grand, le cœur s'hypertrophie ; quand il est minime ou presque nul, le cœur reste petit.

Or examinons les cœurs chez nos Canards :

| | Poids du corps. | Poids du cœur par kilogr. |
|---|---|---|
| | — | — |
| | gr. | |
| Carnivores | 1.404 | 6,70 |
| Insectivores | 1.502 | 6,70 |
| Végétariens | 1.580 | 6,30 |
| Piscivores | 1.417 | 6,20 |

Les planeurs, comme les Rapaces nocturnes, qui ont un petit cœur par suite du peu d'efforts qu'ils effectuent pendant le vol, en possèdent 7gr3, par kilogramme. Par contre, chez les rameurs qui battent violemment des ailes, le poids relatif moyen du cœur atteint 13 grammes. Nous constatons que chez tous les Canards que nous avons étudiés dans le tableau ci-dessus, le cœur est très petit. Or tous ces individus ont perdu l'habitude de voler.

Ils sont adaptés à la vie terrestre, comme le Tinamou par exemple. Ces genres de vie ne nécessitant pas d'efforts musculaires insenses, le cœur est peu volumineux. Alors que les Canards qui volent ont comme les vrais rameurs environ 12 grammes de cœur par kilogramme d'animal, nos Canards, qui sont d'une race ne volant pas, n'ont tous qu'une quantité très réduite de cœur et sensiblement voisine.

Toutes ces constatations viennent à l'appui des lois biologiques que nous avons mises en évidence et qui montrent l'influence réelle de certains facteurs, comme l'effort musculaire, sur le poids du cœur.

## Les Poumons.

Dans la nature, les organes sont construits de façon à pouvoir s'adapter aux différents genres de vie et sont susceptibles de se modifier avec eux. Les diverses adaptations organiques sont donc importantes à connaître. Comme elles sont fonction d'un facteur ambiant, on peut espérer dépister l'influence agissante si l'on étudie les modifications organiques que l'on peut constater chez les animaux.

Chez les espèces qui volent, le poids des poumons est lié à l'adaptation à la vie aérienne ; petit chez les planeurs, gros chez les rameurs, il est fonction de l'effort musculaire.

Nous avons recueilli les poids de deux poumons chez nos Ca-

nards. Voici les chiffres que nous avons trouvés par kilogramme d'animal :

| | Poids du corps. — gr. | Poids du poumon par kilogr. gr. |
|---|---|---|
| Piscivores | 1.417 | 7,70 |
| Carnivores | 1.404 | 7,60 |
| Végétariens | 1.580 | 6,20 |
| Insectivores | 1.502 | 5,10 |

Alors que, chez les Canards qui volent, le poumon est de 15 grammes pour 1 kilogramme d'animal, cet organe ne pèse que de 5 à 7 grammes chez nos Oiseaux d'élevage, parce qu'ils se sont habitués à la vie terrestre.

Ce résultat est intéressant. Chez les Oiseaux qui ne volent plus, comme le Nandou, et qui sont adaptés sans retour à la vie terrestre, le poumon est petit. Chez les espèces qui ont été élevées en cage, comme le Marabout, la Cigogne..., et qui ont perdu la faculté de voler, la réduction du poids des poumons est frappante et se rapproche de celle que l'on observe chez le Nandou. Enfin les Oiseaux qui vivent le plus souvent à terre et ne possèdent qu'un vol de courte durée offrent des poumons qui ne sont pas plus pesants que ceux des Planeurs.

### Sang, Rate, Plumes, Pancréas.

Nous allons résumer dans un dernier Tableau les chiffres que nous avons recueillis sur le sang, la rate, le pancréas et la plume au cours de nos dissections de Canards :

| | Poids par kilogr. de : | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Pancréas. — gr. | Rate. — gr. | Sang. — gr. | Plumes. — gr. |
| Végétariens | 1,60 | 0,47 | 56,90 | 63,20 |
| Carnivores | 2,40 | 0,42 | 47 | 43,40 |
| Insectivores | 2,10 | 0,39 | 41,60 | 59,20 |
| Piscivores | 2,95 | 0,30 | 41,30 | 58,60 |

Nous remarquerons de suite que le pancréas est le plus gros chez les piscivores et le plus petit chez les végétariens.

Le classement est le même que celui que nous avons obtenu en étudiant le foie. Ici encore les deux organes varient dans le même sens, montrant la loi qui lie les variations de ces deux viscères à sécrétion interne et externe.

Pour la rate, le sang et les plumes, les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessus sans que nous puissions rien conclure de précis, particulièrement pour la rate qui est un organe dont le poids varie trop facilement.

## CONCLUSIONS

Le régime est donc un grand facteur d'évolution. Nos recherches nous ont montré quelle importance il faut attribuer aux propriétés chimiques et à l'influence mécanique des aliments. De plus, elles nous prouvent qu'un animal omnivore est capable de supporter et de vivre normalement avec un régime composé d'une seule sorte d'aliments.

Pour le tube digestif, il y a lieu d'édicter maintenant de façon nette les lois suivantes :

1. Les régimes composés de végétaux accroissent de façon considérable la surface du tube digestif. Pour les régimes carnés ou constitués par des insectes ou des poissons, la surface intestinale est réduite. La longueur de l'intestin est la plus courte chez les insectivores.

2. Les cæcums et le gros intestin subissent les mêmes variations suivant l'alimentation employée. Ils sont le plus développés chez les végétariens et le moins chez les carnivores.

3. Le poids de l'intestin est le plus élevé chez les animaux qui se nourrissent de proies rigides, par suite de l'épaississement de la paroi musculaire. Le fait était net pour les piscivores, bien que leur surface intestinale ne fût pas la plus grande.

4. Le poids et la surface du ventricule succenturié s'accroissent d'autant plus que les Oiseaux recherchent des proies volumineuses. Ce résultat n'est que la conséquence d'une action mécanique. Les piscivores nous en ont fourni un bel exemple.

L'action mécanique des aliments se fait donc sentir dans les différentes portions du tube digestif et elle nous permet de bien discerner l'importance diverse de chacune d'elles.

Passons en revue maintenant l'action chimique des aliments. C'est d'abord le foie qui se modifie et subit de profondes transformations. Le régime piscivore et le régime insectivore l'hypertrophient considérablement, alors que chez les carnivores et les

végétariens, il est presque deux fois moins volumineux. Il faut bien préciser que le régime carné et le régime végétal, qu'on oppose si souvent l'un à l'autre et dont la composition chimique est si différente, ont tous deux provoqué une diminution du poids du foie, et nous noterons que, contrairement à ce qui est admis, mais ce qui concorde avec nos observations sur les Oiseaux, les végétariens n'ont pas plus de foie que les carnivores.

Nous ajouterons que les reins subissent des modifications identiques sous l'influence des divers régimes. Ils réagissent quand l'aliment est composé de poissons ou d'insectes par une augmentation de volume très caractéristique. Et cela doit attirer notre attention sur la toxicité du régime, car le foie et les reins sont des émonctoires et leur hypertrophie semble répondre aux exigences de la nature afin de débarrasser l'organisme de tous les déchets que fournissent ces régimes.

Nous voyons donc que les régimes piscivores et insectivores sont les plus mauvais, puisqu'ils demandent un surcroît de travail aux organes pour arriver au même résultat, c'est-à-dire pour faire vivre l'être vivant. La viande, de son côté, ne semble pas un aliment inférieur aux végétaux et même, en ce qui concerne la ration, la croissance et la ponte, elle semble de beaucoup préférable. Il ne faut pas oublier cependant que nous n'avons abordé le problème du chimisme et par conséquent de la toxicité des aliments que par un côté, et il y aurait peut-être lieu de rechercher si d'autres organes que le foie ou le rein ne réagissent au régime carné, tels que la peau par exemple.

Un dernier exemple de l'influence du chimisme de l'aliment sur l'organisme est la variation identique du foie et du pancréas que nous avons pu reproduire.

Enfin nos observations sur le cœur et les poumons sont venues confirmer que ces organes sont bien liés, chez les Oiseaux, à l'effort musculaire.

Et ce qui doit prédominer dans nos conclusions, c'est que les lois que nous mettons en lumière s'appliquent autant aux régimes expérimentaux qu'aux régimes naturels.

Pour être plus complète, notre étude aurait dû trancher deux points que nous avons dû laisser de côté. Ce sont : la question

des caractères acquis et par conséquent de l'hérédité, et l'étude régulière des variations, c'est-à-dire la recherche progressive des modifications apportées par un changement de régime. Cette dernière étude se trouverait réalisée si nous avions pu sacrifier de temps à autre quelques-uns de nos sujets à des dates diverses pendant toute la durée de l'expérience, afin de posséder la progression dans l'hypertrophie ou la réduction des organes. Malheureusement, dans de telles recherches, il est indispensable de conserver précieusement tout individu en vue des observations à effectuer, *le plus tard possible*, sur les modifications dues au régime et afin d'être sûr de posséder un nombre suffisant de sujets lors des dissections.

Nous dirons cependant que nous avons étudié les jeunes Canards morts au cours de l'expérience. Dans ces conditions leur examen ne présentait que peu d'intérêt. Retenons cependant que déjà chez les jeunes piscivores le ventricule succenturié avait subi des modifications en poids, comme le montre le Tableau suivant :

| Poids du corps. | Jours de vie. | Poids du ventricule succentrié par kilogr. |
|---|---|---|
| gr. | | |
| **Piscivores.** | | |
| 95 | 29 | 11,50 |
| 118 | 38 | 11 |
| 150 | 47 | 12 |
| **Insectivores.** | | |
| 195 | 31 | 9,70 |
| 315 | 39 | 8,20 |
| 178 | 41 | 7,80 |
| **Carnivores.** | | |
| 94 | 30 | 9,50 |
| 150 | 42 | 7,40 |
| **Végétariens.** | | |
| 66 | 38 | 7,50 |
| 92 | 48 | 7,60 |
| 95 | 48 | 3,60 |

Il ressort de l'examen de ce tableau que l'action mécanique de l'aliment constitué par des poissons entiers s'est fait sentir de très bonne heure et que déjà, au bout d'un mois, le poids du ventricule s'est considérablement accru. Nous ferons

remarquer que dans l'ensemble le poids relatif du ventricule succenturié est presque triple, chez le jeune Canard, de celui de l'adulte. Nous avons montré qu'il en était ainsi des organes chez les animaux et chez l'homme. Plus l'animal est jeune et plus il possède proportionnellement d'organes.

Il nous reste à dire un mot de l'hérédité. Nous avons tenté de nombreuses incubations, pour lesquelles nous avons d'ailleurs échoué. Quelle en est la cause? Est-ce stérilité du mâle? Est-ce absence de fécondation? Nous nous rallierons à cette seconde hypothèse, car l'examen des mâles adultes que nous avons disséqués nous a montré la présence de testicules normaux. Il y a donc lieu de reprendre l'expérience sur ce point et d'essayer d'obtenir des éclosions afin d'étudier l'hérédité. Les caractères acquis par une première génération se transmettent-ils aux autres générations? Nous le croyons, mais le fait est à démontrer.

# BIBLIOGRAPHIE


1. Babak. — Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der Nahrung auf die Länge des Darmkanals. *Centralbl. für Physiol.*, Bd. XXIII, 1905.
2. Beneke. — Ueber die Länge und Capazität des menschlichen Darmkanals. *Sitzungsber*, n° 7, oct. 1879.
3. Bloch. — Des variations de longueur de l'intestin. *Bull. Soc. Anthrop.*, t. V, 1904.
4. de Bothlingk. — Variations du poids de certains organes au cours de l'inanition complète (*Arch. des Sc. biol. de Saint-Pétersbourg*, t. IX, 1902).
5. Bouchard. — Leçons sur les auto-intoxications dans les maladies, Paris, 1887.
6. Brandes. — Ueber den Einfluss veränderter Ernährung auf die Struktur des Vogelsmagens. Leopoldina, V, 32, 1896.
7. Brandes. — Ueber den vermeintlichen Einfluss veränderter Ernährung auf die Struktur des Vogelmagens. *Biolog. Centralbl.*, Bd. XVI, 1896.
8. Brants. — De beltrekkelijke grootte der Afdeelingen van het spijsverteringskanaal by zoogdieren en vogels. *Academ. Proefschr.* Utrecht, 1881.
9. Buffon. — Histoire naturelle, 1749-1789.
10. Carus. — Lehrbuch der vergleich. Zootomie, Leipzig, 1834.
11. Crampe. — Vergleichende Untersuchungen über das variiren des Darmlänge und in der Grösse der Darmschleimhautfläche bei Tieren einer Art. *Arch. für Anat. u. Phys.* (Reichert), 1872.
12. Custor. — Ueber die relative Grösse des Darmkanals und des hauptsächlichsten Körpersystems beim Menschen und Wirbeltieren. *Arch. für Anat. u. Phys.*, 1873.
13. Cuvier. — Leçons d'Anatomie comparée. Paris, 1835.
14. Cuvier. — Le règne animal distribué d'après son organisation. Les Oiseaux. Paris, 1836-1849.
15. Dreike. — Ein Beitrag zur Kenntniss der Länge des Menschlichen Darmkanals. Inaug. Dissertat. Dorpat, 1891.
16. Eberth. — Ueber die Follikel in der Blinddärmen der Vögel. *Würzb. Naturw. Zeitsch.* t. II, 1861.
17. Gadow. — Versuch einer vergleichenden Anatomie der Verdauungs systems des Vögel.
18. Gadow. — On the taxonomic value of the intestinal convolutions in birds. *Proceed. of the zoolog. Soc. of Lond.*, 1889.
19. Galton. — Natural inheritance. Londres, 1889.
20. Gegenbaur. — Manuel d'Anatomie comparée, Tr. fr. Paris, 1874.
21. Grober. — Uber Massenverhältnisse am Vogelherzen (*Arch. für d. Ges. Physiol.*, t. CXXV).
22. Henning. — Ueber die vergleichende Messung der Darmlänge. *Centralbl. f. med. Wissensch.*, 1881.
23. Holmgren. — Physiologiske undersokninger öfver dufvans magar Aftryck ur Upsala Läkare förenings Förhandlinger. Upsala, 1867.
24. Holmgren. — Om Köttätande dufvor. Upsala Läkare förenings Förhandlinger. Upsala, 1872.
25. Home. — Lectures on comparative Anatomy. Londres, 1814.
26. Houssay. — Variations expérimentales. Études sur six générations de poules carnivores. *Arch. de Zool. exp. et gén.*, t. VI, série 4, 1907.

27. Landois. — Ueber ein anatomisches Unterscheidungsmerkmal zwischen Haushund und Wolf. *Morpholog. Jahrb.*, Bd. IX, 1881.
28. Luchsch-Czernowitz. — Zur Aetiologie der Darmverschlingung. *Verhandl. deutsch. pathol. Gesellsch.*, sept. 1905.
29. Macartney. — An account of an appendix to the small intestine of birds. *Philos. Trans.*, 1811.
30. Macgillivray. — On the Anatomy of Vertebrates. 1866.
31. Macgillivray. — Observations on the digestive organs of birds. *Magazine of Zool. and Botan*, V, 1.
32. Magnan (A.). — Influence du régime alimentaire sur l'intestin des Oiseaux. *C. R. A. S.* (20 juin 1910).
33. Magnan (A.). — Sur une certaine loi de variation du foie et du pancréas chez les Oiseaux. *C. R. A. S.*, 11 juillet 1910.
34. Magnan (A.). — Influence du régime alimentaire sur le gros intestin et les cæcums des Oiseaux. *C. R. A. S.*, 29 mai 1911.
35. Magnan (A.). — Sur la variation inverse du ventricule succenturié et du gésier chez les Oiseaux. *C. R. A. S.*, 12 juin 1911.
36. Magnan (A.). — Le tube digestif et le régime alimentaire des Oiseaux. Paris, Hermann, 1911. *Coll. de Morph. dyn.*
37. Magnan (A.). — La surface digestive du ventricule succenturié et la musculature du gésier chez les Oiseaux, *C. R. A. S.*, 24 juillet 1911.
38. Magnan (A.). Le régime alimentaire et la variation du foie chez les Oiseaux, *C. R. de l'Ass. f. p. l'Av. des Sc.*, Congrès de Dijon, 1911.
39. Magnan (A.). — Morphologie des cæcums chez les Oiseaux en fonction du régime alimentaire. *Ann. des Sc. Nat. Zool.*, série 9, t. XIV, 1911.
40. Magnan (A.). — Documents relatifs à l'alimentation naturelle des Oiseaux. Paris, Hermann, 1911.
41. Magnan (A.). — La surface totale de l'intestin chez les Oiseaux. *C. R. de la Soc. de Biol.* (9 décembre 1911).
42. Magnan (A.). Le foie et sa variation en poids chez les Oiseaux. *Bull. Mus. Hist. natur.*, 1911.
43. Magnan (A.). Le poids des reins chez les Oiseaux. *Bull. Mus. Hist. nat.*, 1911.
44. Magnan (A.). De la quantité de plumes chez les Oiseaux carinatés, *Bull. Mus. Hist. nat.*, 1911.
45. Magnan (A.). — Recherches organométriques sur le Balbuzard fluviatile (Pandion haliaetus. Cuv.). *Bull. du Mus. d'Hist. Nat. de Paris*, 1911.
46. Magnan (A.). — Le régime alimentaire et la longueur de l'intestin chez les Mammifères. *C. R. A. S.*, 15 janvier 1911.
47. Magnan (A.). — La surface de l'intestin chez les Mammifères. *C. R. A. S.* 29 janvier 1912).
48. Magnan (A.). — Le cæcum chez les Mammifères. *C. R. A. S.*, 12 février 1912.
49. Magnan (A.). — Contribution à l'étude de l'alimentation naturelle des Mammifères. *Bull. du Mus. d'Hist. Nat.*, 1912.
50. Magnan (A.). — Le poids de l'estomac chez les Mammifères. *C. R. A. S.* 4 mars 1912.
51. Magnan (A.). — Essais de Morphologie stomacale en fonction du régime alimentaire chez les Oiseaux. *Ann. des Sc. Nat. Zoologie*, série 9, t. XV, 1912.
52. Magnan (A.). — Les rapports organiques des Mammifères et des Oiseaux. *C. R. du Congrès des Soc. savantes.* Paris, 1912.
53. Magnan (A.). — La quantité de sang chez les différents groupes d'Oiseaux. *Bull. Mus. Hist. natur.*, 1912.
54. Magnan (A.). — Influence de différents régimes alimentaires sur la croissance des Truites arc-en-ciel. *Bull. du Mus. d'Hist. Natur.*, 1912.

55. Magnan (A.). — Le poids des muscles pectoraux et le poids du cœur chez les Oiseaux. *C. R. de l'Ass. f. p. l'av. des Sc.*, Congrès de Nîmes, 1912.
56. Magnan (A.). — Le rapport du poids du foie au poids du corps chez les Mammifères. *C. R. des S. de la Soc. de Biol.*, 23 nov. 1912.
57. Magnan (A.). — Le poids du foie après saignée chez les Oiseaux. *Bull. du Mus. d'Hist. Nat.*, 1912.
58. Magnan (A.). — Variations du poids des reins après saignée totale chez les Oiseaux. *Bull. du Mus. d'Hist. Nat.*, 1912.
59. Magnan (A.). — Rapports entre la puissance du vol. et le développement des poumons chez des Oiseaux. *Bull. du Mus. d'Hist. Nat.*, 1912.
60. Magnan (A.). — Sur les adaptations diverses des poumons chez les Oiseaux. *Bull. du Mus. d'Hist. Nat.*, 1912.
61. Magnan (A.). — Modifications organiques consécutives chez les Oiseaux à l'absence de vol. *Bull. du Mus. d'Hist. Nat.*, 1912.
62. Magnan (A.). — Le rapport du poids du foie à la surface du corps chez les Mammifères. *C. R. des S. de la Soc. de Biologie*, 30 nov. 1912.
63. Magnan (A.). — Le poids relatif des reins chez les Mammifères. *C. R. des S. de la Soc. de Biologie*, 7 déc. 1912.
64. Magnan (A.) — Le cœur et sa variation en poids chez les Mammifères. *C. R. des S. de la Soc. de Biologie*, 14 déc. 1912.
65. Magnan (A.) — Le poids des poumons chez les Mammifères. *C. R. des S. de la Soc. de Biologie*, 21 déc. 1912.
66. Magnan (A.), Variations du poids de la rate chez les Mammifères. *C. R. des S. de la Soc. de Biologie*, 1er fév. 1913).
67. Magnan (A.) — Observations anatomiques sur les Dauphins. *C. R. des S. de la Soc. de Biologie*, 11 janv. 1913.
68. Magnan (A.) — Recherches organométriques sur les Mammifères. *Journal de Phys. et Path. gén.*, 15 janv. 1913.
69. Magnan A. — Recherches sur l'alimentation naturelle et le tube digestif des Mammifères. *Ann. des Sc. Nat. Zool.*, 9e s. t. XVI, 1913.
70. Maumus. — Les cæcums des Oiseaux. *Ann. des Sc. Nat.*, année 77, série 8, t. XV.
71. Maurel. — Rapport du poids du foie au poids total de l'animal. *C. R. A. S.*, 1er décembre 1902, 1002. *Id.* Rapport du poids du foie à la surface totale de l'animal. *C. R. A. S.*, 2 février 1903, 316.
72. Meckel. — System der vergleichenden Anatomie. Halle, 1821-1831.
73. Milne-Edwards. — Leçons sur la Physiologie et l'Anatomie comparée de l'homme et des animaux, 1857-1881.
74. Mühlmann. — Ueber das Gewicht et die Länge des menschlichen Darms in verschiedenen Alter. *Anatom. Anz.*, t. XVIII, 1900.
75. Noe. — Recherches sur la vie oscillante (thèse pour le doctorat en médecine). F. Alcan, 1903.
76. Oppel. — Der Magen der Vögel. Merkel-Bonnet, Ergebn. d. Anatom., Bd. VII, 1897.
77. Oppel. — Lehrbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Wirbeltiere. Iena, 1897.
78. Owen. — Comparative Anatomy and Physiology of Vertebrates, Londres, 1866-1868.
79. Quetelet. — Lettres sur la théorie des probabilités appliquées aux sciences morales et politiques. Bruxelles, 1846.
80. Revilliod. — Influence du régime alimentaire sur la croissance et la structure du tube digestif. *Rev. Suisse de Zool.*, t. XVI, 1908.
81. De Lariboisière. — Recherches organométriques en fonction du régime alimentaire sur les Oiseaux. Coll. de Morph. dyn. Paris, Hermann, 1910.

82. Richet. — Poids du cerveau, du foie et de la rate des Mammifères. *Arch. de Physiol.*, 1894, 233-246.
83. Robinson. — Sur la longueur de l'intestin grêle. *Medical Record*, 12 août 1905).
84. Rolssenn. — Ein Beitrag zur Kentniss der Langenmasse des deutschen Darms. *Inaug. Diss. Dorpat*, 1890.
85. Roudkoff. — L'influence de la nourriture sur la grandeur et la forme de l'appareil digestif ainsi que sur la croissance des animaux d'une même espèce (russe). Saint-Pétersbourg, 188?.
86. Schepelmann. — Auf die gestaltende Wirkung versch. Ernährung auf die Organe der Gans. *Arch. f. Entw. Mechanik*. Bd. XXI et XXIII, 1907.
87. Siebold et Stannius. — Lehrbuch der vergleich. Anatomie. Berlin, 1846.
88. Strohl. — Le poids relatif du cœur et l'effet des grandes altitudes. Étude comparative sur deux espèces de Lagopède, habitant l'une les hautes Alpes, l'autre les plaines de Laponie (*C. R. Ac. des Sc.*, 17 mai 1910).
89. Taneretzky. — Beiträge zur Anatomie des Darmkanals. *Mem. Ac. Sc.* Saint-Pétersbourg, t. XXVIII, 1881.
90. Tiedemann. — Anatomie und Naturgeschichte der Vögel. Heidelberg, 1810-1814.
91. Weiss. — Sur l'adaptation fonctionnelle des organes de la digestion. *C. R. Soc. de Biol.*, 1901.
92. Wiedersheim. — Lehrbuch der vergleischenden Anatomie der Wirbeltiere. Iena, 1886.
93. Yung. — De l'influence du régime alimentaire sur la longueur de l'intestin chez les larves de *Rana esculenta*. *C. R. Ac. des Sc.*, Paris, 7 nov. 1904.

# APPENDICE

## DONNÉES NUMÉRIQUES

*Ration en poids.*

| SEMAINES. | PISCIVORES. | | | VÉGÉTARIENS. | | | INSECTIVORES. | | | CARNIVORES. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Poids de ration quotidien | Poids des individus. | Nombre d'individus. | Poids de ration quotidien. | Poids des individus. | Nombre d'individus. | Poids de ration quotidien. | Poids des individus. | Nombre d'individus. | Poids de ration quotidien. | Poids des individus. | Nombre d'individus. |
| | gr. | gr. | | gr. | gr. | | gr. | gr. | | gr. | gr. | |
| 1re (27 mai 1911)... | 200 | 536 | 5 | 200 | 427 | 5 | 120 | 479 | 5 | 150 | 553 | 5 |
| 2e..... | 300 | 866 | 5 | 250 | 581 | 5 | 250 | 1.035 | 5 | 240 | 982 | 5 |
| 3e..... | 360 | 865 | 4 | 300 | 724 | 5 | 320 | 1.316 | 4 | 300 | 1.297 | 4 |
| 4e..... | 360 | 960 | 3 | 300 | 661 | 4 | 360 | 1.190 | 3 | 400 | 1.702 | 4 |
| 5e..... | 360 | 797 | 2 | 170 | 721 | 4 | 360 | 1.352 | 2 | 400 | 1.994 | 3 |
| 6e..... | 360 | 1.096 | 2 | 200 | 627 | 2 | 400 | 1.742 | 2 | 500 | 2.867 | 3 |
| 7e..... | 400 | 1.487 | 2 | 210 | 720 | 2 | 400 | 2.135 | 2 | 600 | 3.535 | 3 |
| 8e..... | 400 | 1.725 | 2 | 200 | 928 | 2 | 400 | 2.365 | 2 | 600 | 4.150 | 3 |
| 9e..... | 400 | 1.985 | 2 | 220 | 1.090 | 2 | 400 | 2.450 | 2 | 600 | 4.825 | 3 |
| 10e..... | 420 | 2.030 | 2 | 200 | 1.228 | 2 | 400 | 2.530 | 2 | 600 | 5.285 | 3 |
| 11e..... | 450 | 2.060 | 2 | 210 | 1.420 | 2 | 400 | 2.605 | 2 | 600 | 5.420 | 3 |
| 12e..... | 460 | 2.185 | 2 | 250 | 1.575 | 2 | 150 | 1.005 | 1 | 600 | 5.610 | 3 |
| 13e..... | 500 | 2.345 | 2 | 250 | 1.620 | 2 | 200 | 1.200 | 1 | 600 | 5.740 | 3 |
| 14e..... | 510 | 2.450 | 2 | 250 | 1.810 | 2 | 200 | 1.365 | 1 | 600 | 5.740 | 3 |
| 15e..... | 500 | 2.748 | 2 | 270 | 2.020 | 2 | 200 | 1.440 | 1 | 600 | 5.610 | 3 |
| 16e..... | 500 | 2.650 | 2 | 280 | 2.295 | 2 | 200 | 1.480 | 1 | 500 | 3.788 | 2 |
| 17e..... | 550 | 2.609 | 2 | 300 | 2.255 | 2 | 200 | 1.434 | 1 | 500 | 3.720 | 2 |
| 18e..... | 600 | 2.775 | 2 | 300 | 2.589 | 2 | 250 | 1.493 | 1 | 500 | 3.780 | 2 |
| 19e..... | 600 | 2.847 | 2 | 320 | 2.759 | 2 | 250 | 1.582 | 1 | 500 | 3.925 | 2 |
| 20e..... | 600 | 2.985 | 2 | 350 | 2.897 | 2 | 250 | 1.595 | 1 | 500 | 3.940 | 2 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21e..... | 600 | 3.160 | 2 | 350 | 3.081 | 2 | 250 | 1.680 | 1 | 500 | 4.065 | 2 |
| 22e..... | 625 | 2.938 | 2 | 400 | 3.025 | 2 | 200 | 1.540 | 1 | 350 | 3.725 | 2 |
| 23e..... | 550 | 3.000 | 2 | 400 | 3.000 | 2 | 250 | 1.730 | 1 | 300 | 4.010 | 2 |
| 24e..... | 500 | 3.065 | 2 | 400 | 2.995 | 2 | 250 | 1.700 | 1 | 300 | 3.945 | 2 |
| 25e..... | 450 | 3.049 | 2 | 410 | 2.953 | 2 | 250 | 1.711 | 1 | 300 | 3.920 | 2 |
| 26e..... | 400 | 3.223 | 2 | 400 | 2.965 | 2 | 200 | 1.715 | 1 | 300 | 4.000 | 2 |
| 27e..... | 400 | 2.987 | 2 | 400 | 3.055 | 2 | 200 | 1.695 | 1 | 300 | 3.870 | 2 |
| 28e..... | 400 | 3.083 | 2 | 400 | 2.982 | 2 | 200 | 1.685 | 1 | 300 | 3.880 | 2 |
| 29e..... | 400 | 3.125 | 2 | 400 | 2.917 | 2 | 200 | 1.680 | 1 | 310 | 3.860 | 2 |
| 30e..... | 400 | 3.278 | 2 | 400 | 3.176 | 2 | 200 | 1.653 | 1 | 300 | 3.901 | 2 |
| 31e..... | 420 | 3.355 | 2 | 400 | 3.067 | 2 | 200 | 1.652 | 1 | 300 | 4.205 | 2 |
| 32e..... | 420 | 3.390 | 2 | 250 | 1.899 | 1 | 200 | 1.640 | 1 | 350 | 3.927 | 2 |
| 33e..... | 400 | 3.325 | 2 | 250 | 1.965 | 1 | 200 | 1.597 | 1 | 400 | 4.098 | 2 |
| 34e..... | 390 | 2.950 | 2 | 270 | 1.955 | 1 | 200 | 1.550 | 1 | 400 | 4.070 | 2 |
| 35e..... | 400 | 2.990 | 2 | 250 | 1.921 | 1 | 200 | 1.512 | 1 | 300 | 4.118 | 2 |
| 36e..... | 410 | 3.011 | 2 | 245 | 1.815 | 1 | 200 | 1.600 | 1 | 300 | 3.661 | 2 |
| 37e..... | 400 | 2.969 | 2 | 260 | 1.939 | 1 | 190 | 1.470 | 1 | 350 | 4.215 | 2 |
| 38e..... | 400 | 3.002 | 2 | 260 | 1.970 | 1 | 200 | 1.468 | 1 | 350 | 4.090 | 2 |
| 39e..... | 400 | 2.939 | 2 | 261 | 1.890 | 1 | 200 | 1.503 | 1 | 300 | 4.031 | 2 |
| 40e..... | 400 | 2.946 | 2 | 278 | 2.055 | 1 | 220 | 1.713 | 1 | 325 | 4.376 | 2 |
| 41e..... | 400 | 2.974 | 2 | 279 | 2.004 | 1 | 200 | 1.708 | 1 | 325 | 4.330 | 2 |
| 42e..... | 400 | 2.919 | 2 | 241 | 1.971 | 1 | 200 | 1.587 | 1 | 300 | 4.463 | 2 |
| 43e..... | 400 | 2.840 | 2 | 240 | 1.967 | 1 | 200 | 1.590 | 1 | 300 | 4.327 | 2 |
| 44e..... | 390 | 2.719 | 2 | 230 | 1.750 | 1 | 200 | 1.473 | 1 | 300 | 4.411 | 2 |
| 45e..... | 400 | 2.891 | 2 | 228 | 1.780 | 1 | 200 | 1.545 | 1 | 300 | 4.290 | 2 |
| 46e..... | 400 | 2.962 | 2 | 204 | 1.580 | 1 | 200 | 1.523 | 1 | 300 | 4.120 | 2 |
| 47e..... | 400 | 2.730 | 2 | 217 | 1.640 | 1 | 200 | 1.340 | 1 | 350 | 3.762 | 2 |
| 48e..... | 390 | 2.670 | 2 | 215 | 1.695 | 1 | 200 | 1.457 | 1 | 300 | 3.803 | 2 |

| | PONTE ET POIDS DES ŒUFS. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Piscivores. | Carnivores. | Insectivores. | Végétariens. |
| | gr. | gr. | gr. | gr. |
| 17 décembre 1911.. | 55,40 | » | » | » |
| 18 — .. | 60,35 | » | » | » |
| 19 — .. | 60,70 | » | » | » |
| 20 — .. | 61,50 | » | » | » |
| 21 — .. | 53,50 | » | » | » |
| 22 — .. | 54,70 | » | » | » |
| 23 — .. | 59,30 | » | » | » |
| 24 — .. | 60,40 | 66,80 | » | » |
| 25 — .. | 60 | 69,40 | » | » |
| 26 — .. | 56,80 | 71,30 | » | » |
| 27 — .. | 58 | 70,70 | » | » |
| 28 — .. | 55,80 | » | » | » |
| 29 — .. | » | 69 | » | » |
| 30 — .. | 60,40 | » | » | » |
| 31 — .. | 58 | » | » | « |
| 1er janvier 1912... | 60,50 | » | » | » |
| 2 — ... | 60 | » | » | » |
| 3 — ... | » | » | » | » |
| 4 — ... | 59,30 | » | » | » |
| 5 — ... | 56,80 | » | » | » |
| 6 — ... | 58 | » | » | » |
| 7 — ... | 58,80 | » | » | » |
| 8 — ... | 57.90 | » | » | » |
| 9 — ... | » | » | » | » |
| 10 — ... | 57,20 | » | » | » |
| 11 — ... | 57,20 | » | » | » |
| 12 — ... | » | » | » | » |
| 13 — ... | 53,50 | » | » | » |
| 14 — ... | » | 69,40 | » | » |
| 15 — ... | » | » | « | » |
| 16 — ... | » | » | « | » |
| 17 — ... | » | » | » | » |
| 18 — ... | » | » | » | » |
| 19 — ... | » | 73,20 | » | 67,20 |
| 20 — ... | » | 82,30 | » | » |
| 21 — ... | » | » | » | » |
| 22 — ... | » | 72,40 | » | » |
| 23 — ... | » | » | » | » |
| 24 — ... | » | » | » | » |
| 25 — ... | » | » | » | » |
| 26 — ... | » | » | » | » |
| 27 — ... | » | » | » | » |
| 28 — ... | » | » | » | » |
| 29 — ... | » | » | « | » |
| 30 — ... | » | » | » | » |
| 31 — ... | » | » | » | » |
| 1er février 1912... | 60,50 | » | » | » |
| 2 — ... | 60 | » | « | » |
| 3 — ... | 61,90 | » | » | » |
| 4 — ... | » | » | » | » |
| 5 — ... | » | 63,10 | » | » |
| 6 — ... | » | 69,20 | » | » |

| | | | Ponte et poids des œufs. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Piscivores. | Carnivores. | Insectivores. | Végétariens. |
| | | | gr. | gr. | gr. | gr. |
| 7 | février | 1912... | » | 72,20 | » | » |
| 8 | — | ... | » | » | « | » |
| 9 | — | ... | » | » | » | » |
| 10 | — | ... | » | » | » | » |
| 11 | — | ... | » | » | » | » |
| 12 | — | ... | » | » | » | » |
| 13 | — | ... | » | » | » | » |
| 14 | — | ... | » | » | » | » |
| 15 | — | ... | » | 73,20 | » | » |
| 16 | — | ... | » | » | » | » |
| 17 | — | ... | » | » | » | » |
| 18 | — | ... | » | » | » | » |
| 19 | — | ... | » | 79 | » | » |
| 20 | — | ... | » | » | » | « |
| 21 | — | ... | » | » | » | » |
| 22 | — | ... | » | » | » | » |
| 23 | — | ... | » | » | » | » |
| 24 | — | ... | » | » | » | « |
| 25 | — | ... | » | » | » | » |
| 26 | — | ... | » | » | » | » |
| 27 | — | ... | » | 70,30 | » | » |
| 28 | — | ... | » | » | » | » |
| 29 | — | ... | » | » | » | » |
| 1er | mars | 1912... | » | » | » | 64,20 |
| 2 | — | ... | » | 76,20 | » | 60,20 |
| 3 | — | ... | » | » | » | 56,80 |
| 4 | — | ... | » | 76 | » | » |
| 5 | — | ... | 59,30 | 85,70 | » | 59,20 |
| 6 | — | ... | » | 81,50 | » | » |
| 7 | — | ... | » | » | » | » |
| 8 | — | ... | 60,20 | » | » | » |
| 9 | — | ... | 61,70 | » | » | » |
| 10 | — | ... | 62,20 | » | » | « |
| 11 | — | ... | 58 | » | « | » |
| 12 | — | ... | 57,70 | 72,80 | » | » |
| 13 | — | ... | » | » | » | » |
| 14 | — | ... | 53,50 | 85,50 | » | « |
| 15 | — | ... | 57,20 | 83,50 | » | « |
| 16 | — | ... | 58 | 81,70 | » | » |
| 17 | — | ... | 55,30 | » | » | » |
| 18 | — | ... | 59,30 | 92 | » | » |
| 19 | — | ... | 58.90 | » | 55,80 | 64,40 |
| 20 | — | ... | 57,80 | 82,50 | » | 59,20 |
| 21 | — | ... | 59,50 | » | » | » |
| 22 | — | ... | 59,20 | » | » | 66,40 |
| 23 | — | ... | 54 | 85,80 | » | » |
| 24 | — | ... | » | 85,40 | » | » |
| 25 | — | ... | 51,20 | 91 | » | 61,50 |
| 26 | — | ... | 56,65 | » | » | » |
| 27 | — | ... | » | » | » | » |
| 28 | — | ... | » | 81 | » | » |
| 29 | — | ... | 55 | » | » | » |

| | | | Ponte et poids des œufs. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Piscivores. | Carnivores. | Insectivores. | Végétariens. |
| | | | gr. | gr. | gr. | gr. |
| 30 | mars | 1912... | » | » | » | » |
| 31 | — | ... | » | » | « | » |
| 1er | avril | 1912... | » | 79,80 | » | » |
| 2 | — | ... | » | » | » | » |
| 3 | — | ... | » | 89,40 | » | » |
| 4 | — | ... | » | » | » | » |
| 5 | — | ... | » | » | » | » |
| 6 | — | ... | » | « | » | 63,10 |
| 7 | — | ... | » | » | » | » |
| 8 | — | ... | » | » | » | » |
| 9 | — | ... | » | » | » | 75,85 |
| 10 | — | ... | » | » | » | » |
| 11 | — | ... | » | 74,20 | » | 63,80 |
| 12 | — | ... | » | » | » | » |
| 13 | — | ... | » | » | » | » |
| 14 | — | ... | » | » | » | » |
| 15 | — | ... | » | » | » | » |
| 16 | — | ... | » | 75 | » | » |
| 17 | — | ... | » | » | » | » |
| 18 | — | ... | » | 72 | » | 66,40 |
| 19 | — | ... | » | » | » | » |
| 20 | — | ... | » | 77,30 | » | » |
| 21 | — | ... | » | 76,90 | » | » |
| 22 | — | ... | » | » | » | 48,60 |
| 23 | — | ... | » | 82,30 | 68,30 | 53,80 |
| 24 | — | ... | » | » | 64,20 | » |
| 25 | — | ... | 62,10 | » | » | » |
| 26 | — | ... | 62,70 | 81,10 | » | » |
| 27 | — | ... | 61,80 | 84,20 | 57,30 | 58 |
| 28 | — | ... | 62 | 78,50 | » | 51,30 |
| 29 | — | ... | » | » | 61,20 | » |
| 30 | — | ... | 65 | » | 60,10 | 58,30 |
| 1er | mai | 1912... | 59,60 | » | 63,50 | » |
| 2 | — | ... | » | 72 | » | » |
| 3 | — | ... | 55,70 | 82 | 60,50 | » |
| 4 | — | ... | 57,80 | » | » | » |
| 5 | — | ... | » | 83,30 | 76,50 | » |
| 6 | — | ... | » | » | 52,50 | « |
| 7 | — | ... | » | » | » | » |
| 8 | — | ... | » | » | » | » |
| 9 | — | ... | » | 82,30 | » | » |
| 10 | — | ... | » | » | » | » |
| 11 | — | ... | » | » | » | » |
| 12 | — | ... | » | » | » | » |
| 13 | — | ... | » | » | » | » |
| 14 | — | ... | » | » | » | 71 |
| 15 | — | ... | » | 86 | » | » |

*Poids et dimensions des organes.*

| | CARNIVORE. | VÉGÉTARIEN. | INSECTIVORE. | PISCIVORE. | PISCIVORE. |
|---|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Poids du corps..... | 1.404 | 1.580 | 1.502 | 1.652 | 1.182 |
| — du foie..... | 24,10 | 27,80 | 35,10 | 48 | 29,80 |
| — des reins..... | 8,60 | 9,35 | 9,50 | 13,40 | 9,90 |
| — du cœur..... | 9,50 | 10,10 | 10,20 | 8,10 | 8,90 |
| — des poumons... | 10,80 | 9,90 | 7,80 | 13,80 | 8,50 |
| — de la rate..... | 0,60 | 0,75 | 0,60 | 0,50 | 0,35 |
| — du pancréas.... | 3,50 | 2,55 | 3,20 | 4,40 | 3,85 |
| — des plumes..... | 61 | 100 | 90 | 115 | 78 |
| — du ventricule succenturié ... | 2,70 | 3,75 | 3,20 | 7,70 | 5,50 |
| — du gésier..... | 33,60 | 21,60 | 30,70 | 28,80 | 30,20 |
| Longueur de l'intestin grêle ..... | cm. 161 | cm. 159 | cm. 148 | cm. 209 | cm. 178 |
| Surface de l'intestin grêle ..... | cq. 193,2 | cq. 365,7 | cq. 192,4. | cq. 313,5 | cq. 284,8 |
| Longueur du gros intestin..... | cm. 6,8 | cm. 9,5 | cm. 7,4 | cm. 8,5 | cm. 7 |
| Longueur des cæcums..... | 10,5-12 | 16-14,5 | 11,5-12,5 | 12,3-13,6 | 12,3-13,3 |
| Poids de l'intestin grêle ..... | gr. 9,70 | gr. 12,14 | gr. 10,50 | gr. 18 | gr. 15,10 |
| Poids du gros intestin. | 1,05 | 2,10 | 1,70 | 1,80 | 1,50 |
| — des cæcums.... | 0,95 | 1,72 | 1,25 | 1,60 | 1,15 |
| — du sang..... | 66,10 | 90 | 62,50 | 57 | 57 |

*Rapport des organes au poids du corps, à la longueur* $l = \sqrt[3]{P}$ *ou à la surface* $S = \sqrt[3]{P^2}$.

| | CARNIVORE. | VÉGÉTARIEN. | INSECTIVORE. | PISCIVORE. | PISCIVORE. |
|---|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr, | gr. | gr. | gr. |
| Poids du corps..... | 1.404 | 1.580 | 1.502 | 1.652 | 1.182 |
| — du foie..... | 16,80 | 17,50 | 23,30 | 29 | 25,20 |
| — des reins..... | 6,30 | 5,90 | 6,20 | 8,10 | 8,30 |
| — du cœur..... | 6,70 | 6,30 | 6,70 | 4,80 | 7,50 |
| — des poumons... | 7,60 | 6,20 | 5,10 | | 7,40 |
| — de la rate..... | 0,42 | 0,47 | 0,39 | 0,30 | 0,29 |
| — du pancréas.... | 2,40 | 1,60 | 2,10 | 2,60 | 3,20 |
| — des plumes..... | 43,4 | 63,20 | 59,20 | 51,40 | 65,90 |
| — du ventricule succenturié ... | 1,90 | 2,30 | 2,10 | 4,60 | 4,60 |
| — du gésier..... | 23.90 | 13,60 | 20,40 | 16,80 | 25,50 |
| Longueur de l'intestin grêle ..... | 14,30 | 13,70 | 12,90 | 17,70 | 16,90 |
| Surface de l'intestin grêle ..... | 1,50 | 2,60 | 1,40 | 2,20 | 2,50 |
| Longueur du gros intestin..... | 0,6 | 0,80 | 0,60 | 0,70 | 0,60 |
| Longueur des cæcums. | 2 | 2,60 | 2,10 | 2,10 | 2,40 |
| Poids de l'intestin grêle..... | 6,90 | 7,60 | 6,90 | 10,80 | 10 |
| Poids du gros intestin. | 0,74 | 1,30 | 1,10 | 1,08 | 0,99 |
| — des cæcums.... | 0,67 | 1,08 | 0,83 | 0,96 | 0,76 |
| — du sang..... | 47 | 56,90 | 41,60 | 34,50 | 48,20 |